

156

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

CONTRIBUIÇÃO AO CÁLCULO AUTOMÁTICO DE
VIGAS CONTÍNUAS PROTENDIDAS

ENGº ALOISIO E. ASSAN

CONTRIBUIÇÃO AO CÁLCULO AUTOMÁTICO DE
VIGAS CONTÍNUAS PROTENDIDAS

ENGº ALOISIO E. ASSAN

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"

Orientador
Dr. Dante A. O. Martinelli

Comissão Examinadora:
Dr. Dante A. O. Martinelli
Dr. Ilio Montanari
Dr. José Lourenço B. de Almeida Castanho

São Carlos, junho de 1974

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Professor Dr. Dante A.O.Martinelli pela segura orientação durante a execução deste trabalho, e por tê-lo iniciado no estudo do concreto protendido.

Agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e ao Conselho Nacional de Pesquisas pelo apoio recebido.

Agradece à Faculdade de Engenharia de Limeira da Universidade Estadual de Campinas pelo apoio recebido para a publicação deste trabalho.

Agradece ao Centro de Processamento de Dados da Escola de Engenharia de São Carlos da U.S.P. e ao Centro de Computação da Universidade Estadual de Campinas pela colaboração prestada durante o desenvolvimento deste trabalho.

Expressa ainda seu agradecimento ao Eng^o Luiz Roberto Sobreira de Agostini, professor assistente da cadeira de Concreto Protendido e Pontes de Concreto da Faculdade de Engenharia de Limeira, pelas sugestões apresentadas durante a confecção deste trabalho e à Sra. Nilva G.M.Ventura pelo excelente trabalho de datilografia.

S U M Á R I O

Pretende-se com este trabalho automatizar o cálculo de vigas contínuas protendidas, de modo que todos os cálculos e verificações possam ser feitos muito mais rapidamente, facilitando ao projetista a pesquisa do traçado de cabos mais conveniente.

Inicialmente são calculadas as características geométricas da seção a partir das dimensões da seção transversal da viga.

Em seguida são calculados os momentos hiperestáticos e nucleares devidos à protensão, e com os momentos das cargas externas, previamente fornecidos, são calculadas as tensões nas bordas da seção.

São calculadas também as forças cortantes devidas à protensão, sendo que as forças cortantes devidas às cargas externas devem ser fornecidas.

São realizadas as seguintes verificações :

- Verificação das tensões nas bordas superior e inferior
- Verificação à fissuração e cálculo de eventual armadura suplementar
- Verificação da ruptura à flexão
- Verificação da força cortante

O programa analisa vigas contínuas com qualquer número de tramos e cabos, porém a seção transversal da viga deve ser constante.

Todos os cálculos e verificações são feitos e impressos em cada vigésimo dos vãos.

A B S T R A C T

The purpose of this work is to automatize the design of continuous prestressed beams, allowing quicker analyses and checks, making it easier to the designer the selection of the best cable layout.

First the geometrical characteristics of the section are obtained, given the dimensions of the beam cross section.

Afterwards the secondary and primary moments due to prestressing are obtained which, added to the previously given moments of the loads, provide the stresses at the section edges.

The shear forces due to prestressing are obtained too, but the shear forces due to the external loads must be given.

The following checks are performed :

- Check of stresses at the upper and lower edges
- Check to cracking and determination of eventual reinforcement
- Check to the ultimate moment
- Check to the shear forces

The program analyses continuous beams with any number of spans and tendons, but the section must be kept constant.

All the calculations and checks are made and printed at each twentieth of spans.

Í N D I C E

| | |
|--|----|
| BIBLIOGRAFIA | 1 |
| NOTAÇÃO | 3 |
| I - INTRODUÇÃO | 7 |
| I.1 - Generalidades | 7 |
| I.2 - O cálculo das vigas contínuas protendidas | 9 |
| I.2.1 - Considerações gerais | 9 |
| I.2.2 - Características geométricas | 10 |
| I.2.3 - Perda por atrito | 11 |
| I.2.4 - Momentos de engastamento perfeito e hiperestáticos de protensão | 11 |
| I.2.5 - Momentos nucleares | 12 |
| I.2.6 - Tensões nas bordas das seções | 13 |
| I.2.7 - Forças cortantes da protensão | 13 |
| I.2.8 - Verificação das tensões nas bordas | 13 |
| I.2.9 - Verificação à fissuração e armadura suplementar | 14 |
| I.2.10- Verificação à ruptura por flexão | 14 |
| I.2.11- Verificação da força cortante | 14 |
| I.3 - Notação de computador | 16 |
| II - CÁLCULO DOS ESFORÇOS SOLICITANTES DE PROTENSÃO..... | 19 |
| II.1 - Características geométricas da seção | 19 |
| II.1.1- Formulário | 19 |
| II.1.2- Grandezas calculadas | 22 |
| II.1.3- Explicação do subprograma | 22 |
| II.1.4- Diagrama de blocos | 24 |
| II.2 - Momentos de engastamento perfeito | 27 |
| II.2.1- Teoria | 27 |
| II.2.2- Formulário para programação | 32 |
| II.2.3- Diagrama de blocos | 36 |
| II.3 - Momento hiperestático devido à protensão | 38 |
| II.3.1- Formulário | 38 |
| II.3.2- Explicação do subprograma | 39 |
| II.3.3- Diagrama de blocos | 40 |
| II.4 - Momentos nucleares | 41 |
| II.4.1- Formulário | 41 |
| II.4.2- Explicação do subprograma | 42 |
| II.4.3- Diagrama de blocos | 43 |

| | | |
|---------|---|-----|
| II.5 | - Forças cortantes da protensão | 44 |
| II.5.1 | - Teoria | 44 |
| II.5.2 | - Formulário | 44 |
| II.5.3 | - Explicação do subprograma | 50 |
| II.5.4 | - Diagrama de blocos | 51 |
| II.6 | - Forças cortantes hiperestáticas da protensão | 53 |
| II.6.1 | - Formulário | 53 |
| II.6.2 | - Explicação do subprograma | 54 |
| II.6.3 | - Diagrama de blocos | 54 |
| II.7 | - Perdas por atrito | 55 |
| II.7.1 | - Formulário | 55 |
| II.7.2 | - Explicação do subprograma | 58 |
| II.7.3 | - Diagrama de blocos | 60 |
| III | - VERIFICAÇÃO DAS SEÇÕES | 64 |
| III.1 | - Verificação das tensões nas bordas das seções | 64 |
| III.1.1 | - Teoria | 64 |
| III.1.2 | - Explicação do subprograma | 65 |
| III.1.3 | - Diagrama de blocos | 66 |
| III.2 | - Verificação à fissuração e armadura suplementar | 67 |
| III.2.1 | - Teoria | 67 |
| III.2.2 | - Explicação do subprograma | 75 |
| III.2.3 | - Diagrama de blocos | 76 |
| III.3 | - Verificação à ruptura por flexão | 79 |
| III.3.1 | - Teoria | 79 |
| III.3.2 | - Explicação do subprograma | 86 |
| III.3.3 | - Diagrama de blocos | 87 |
| III.4 | - Verificação da força cortante | 90 |
| III.4.1 | - Teoria | 90 |
| III.4.2 | - Explicação do subprograma | 96 |
| III.4.3 | - Diagrama de blocos | 98 |
| IV | - SUBROTINAS COMPLEMENTARES | 103 |
| IV.1 | - Subrotina GRAF | 103 |
| IV.1.1 | - Explicação do subprograma | 103 |
| IV.1.2 | - Chamada da subrotina no programa principal | 103 |

| | |
|--|-----|
| IV.2 - Subrotina ALTU | 105 |
| IV.2.1 - Explicação do subprograma | 105 |
| IV.2.2 - Diagrama de blocos | 106 |
| IV.3 - Subrotina ZOTRA | 107 |
| IV.3.1 - Explicação do subprograma | 107 |
| IV.3.2 - Diagrama de blocos | 108 |
| IV.4 - Subrotina CABOS | 109 |
| IV.4.1 - Explicação do subprograma | 109 |
| IV.4.2 - Diagrama de blocos | 110 |
| IV.5 - Subrotina VERC0 | 111 |
| IV.5.1 - Explicação do subprograma | 111 |
| IV.5.2 - Diagrama de blocos | 112 |
| IV.6 - Subrotina INVR | 115 |
| IV.6.1 - Explicação do subprograma | 115 |
| IV.6.2 - Diagrama de blocos | 115 |
| IV.7 - Programa principal | 117 |
| IV.7.1 - Introdução | 117 |
| IV.7.2 - Dimensões das matrizes | 117 |
| IV.7.3 - Entrada de dados | 120 |
| IV.7.4 - Descrição do programa principal | 124 |
| V- EXEMPLOS..... | 126 |
| V.1 - Primeiro exemplo..... | 127 |
| V.2 - Segundo exemplo..... | 131 |
| V.3 - Terceiro exemplo | 135 |
| V.4 - Quarto exemplo | 138 |
| V.5 - Quinto exemplo | 141 |
| VI-CONSIDERAÇÕES FINAIS | 144 |
| VII-LISTAGEM | 145 |

B I B L I O G R A F I A

- Brøndum - Nielsen, T. - "Structural Concrete", Structural Research Laboratory, Technical University of Denmark, 1973.
- Carneiro, F.L.L.B. - "Resistência ao Esforço Cortante no Concreto Protendido", Palestra proferida no Instituto de Engenharia de São Paulo, 1967.
- Carneiro, F.L.L.B. - "Resistência ao Esforço Cortante no Concreto Armado e Protendido", Revista Estrutura nº 53, 1963.
- Carneiro, F.L.L.B. - "Comentários sobre a Norma Brasileira P-NB-116", Revista Estrutura nº 51, 1963.
- Cestelli Guidi, C. - "Cemento Armato Precompresso", 5 a. Ed., Milano, Hoepli, 1965.
- Comité Européen du Béton, Fédération Internationale de la Précontraint, Rédaction Juin 1970, Sixième Congrès de la FIP, Prague, Seconde Édition.
- Fernandez Casado, C. - "Puentes de Hormigon Pretensado", Editorial Dossat, S.A. Madrid, 1965.
- Fusco, P.B. - "Fissuração das Peças de Concreto Armado", Publicação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1971.
- Gere, J.M. and Weaver Jr.W. - "Analysis of Framed Structures", Van Nostrand Reinhold Company, 1965.
- Guyon, Y. - "Béton Précontraint: Constructions Hyperstatiques", Tome II, Paris Eyrolles, 1958.
- Leonhardt, F. - "Prestressed Concrete; Design and Construction", Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1964.
- Lin, T.Y. - "Design of Prestressed Concrete Structures", John Wiley and Sons, Inc., New York - London, 1966.
- Martinelli, D.A.O. - Notas de Aulas do Curso de Pós-Graduação (não publicadas), E.E.S.C., São Carlos, 1971.

- Martinelli, D.A.O. - Exercícios e Complementos (mimeografados), Curso de Pós Graduação, E.E.S.C., São Carlos, 1971.
- Projeto da Norma Brasileira, P-NB-116.
- Rudloff, J. - "Perdas por Atrito em Cabos de Protensão", Palestra proferida no Instituto de Engenharia de São Paulo, 1967.
- Vasconcellos, A.C. - Notas de Aulas do Curso de Pós-Graduação, E.E.S.C., São Carlos, 1972.

NOTAÇÃO

Dimensões lineares

- b_i = dimensão horizontal de cada elemento em que foi dividida a seção transversal da viga;
- b_o = largura da nervura da seção transversal da viga;
- d_i = dimensão vertical de cada elemento em que foi dividida a seção transversal da viga;
- e_i, e_a = excentricidades do cabo de protensão em relação ao centro de gravidade da seção geométrica;
- h = distância do centro de gravidade das armaduras à borda comprimida da seção;
- k' = distância do centro de gravidade da seção ao polo superior do núcleo central;
- k'' = distância do centro de gravidade da seção ao polo inferior do núcleo central;
- l_i = vãos da viga contínua;
- t = espaçamento dos estribos verticais;
- u_t = soma dos perímetros das armaduras de protensão e suplementar;
- u_{ta} = perímetro das bainhas da armadura de protensão;
- u_{tf} = perímetro das barras da armadura suplementar;
- x' = distância da linha neutra à borda comprimida, na seção transversal de uma peça fletida;
- z = distância entre os pontos de aplicação das resultantes das tensões de compressão e tração na seção transversal da viga fletida;
- Y_{Gi} = distância do centro de gravidade de cada elemento em que foi dividida a seção transversal da viga até a borda inferior da seção;
- y_i = ordenadas dos cabos medidas a partir da borda inferior da seção;
- y' = distância do centro de gravidade da seção até a borda inferior da seção;
- y'' = distância do centro de gravidade da seção até a borda superior da seção.

Tensões

- σ' = tensão na borda inferior da seção devido a todas as solicitações;
- σ'' = tensão na borda superior da seção devido a todas as solicitações;
- σ_a = tensão na armadura de protensão no início da fissuração;
- σ'_a = tensão na armadura de protensão devido às solicitações de cargas externas;
- σ_{ae} = tensão mínima de escoamento à tração do aço da armadura de protensão, real ou convencional;
- $\sigma_{a,na}$ = tensão na armadura de protensão;
- σ_{ar} = tensão na armadura de protensão na ocasião da ruptura da peça;
- σ_{aT} = tensão convencional de ruptura à tração do aço da armadura de protensão obtida do diagrama tensão-deformação do aço;
- $\bar{\sigma}_c$ = tensão admissível no concreto, na borda mais comprimida (negativa, quando de compressão);
- $\bar{\sigma}_c$ = tensão admissível no concreto na outra borda (positiva, quando de tração);
- σ'_c = tensão na borda inferior da seção devido à protensão;
- σ''_c = tensão na borda superior da seção devido à protensão;
- σ_e = tensão mínima de escoamento à tração do aço da armadura suplementar, real ou convencional;
- σ_f = tensão na armadura suplementar;
- $\bar{\sigma}_f$ = tensão admissível na armadura suplementar;
- σ_{na} = tensão de pré-compressão no concreto, ao nível da armadura de protensão, correspondente à protensão;
- σ_R = tensão mínima de ruptura do concreto à compressão;
- σ_T = tensão mínima de ruptura do concreto à tração simples;
- σ_O = tensão ao nível do centro de gravidade da seção geométrica transversal da peça, descontando-se da largura da alma a soma dos diâmetros das bainhas dos cabos longitudinais que têm a mesma ordenada na seção considerada, mesmo que esses cabos não atravessem a seção ao nível do centro de gravidade;

- σ_1, σ_2 = tensões principais ao nível do centro de gravidade da seção geométrica transversal da peça ;
- τ = tensão de cisalhamento ao nível do centro de gravidade da seção geométrica transversal da peça descontando-se da largura da alma a soma dos diâmetros das bainhas dos cabos longitudinais que têm a mesma ordenada na seção considerada, mesmo que esses cabos não atravessem a seção ao nível do centro de gravidade;
- τ_u = tensão de cisalhamento equivalente a τ_o^* do C.E.B.-70.

Solicitações

- M_A^e = momento de engastamento perfeito à esquerda de cada tramo da viga;
- M_B^e = momento de engastamento perfeito à direita de cada tramo da viga;
- M_{ar} = momento de ruptura na peça fletida;
- M_g = momento das cargas permanentes;
- M_h = momento hiperestático devido à protensão;
- $M_{k'}$ = momento nuclear superior;
- $M_{k''}$ = momento nuclear inferior;
- M_p = momento das cargas móveis;
- P = força de protensão, negativa quando de compressão;
- Q = força cortante devido à protensão (cfr. II.5);
- QH = força cortante hiperestática devido à protensão;
- Q_u = força cortante reduzida de cálculo;
- Q' = força cortante devido às cargas externas (cfr. III.4);
- X_n = componente horizontal da força de protensão (cfr. III.4);
- Y_n = componente vertical da força de protensão (cfr. III.4);

Áreas

- S_a = área da seção transversal da armadura de protensão;
- S_c = área da seção geométrica transversal da viga;
- S_e = área da "seção de envolvimento" da armadura (cfr. III.2.1.2.1);

- S_f = área da seção transversal da armadura suplementar;
 S_t = soma das áreas das armaduras de protensão e suplementar;
 S_{te} = área da seção transversal de cada estribo vertical (dois ramos).

Deformações

- ϵ_a = deformação linear específica da armadura protendida causada pelas cargas externas;
 ϵ_c = deformação linear específica do concreto causada pelas cargas externas, ao nível da armadura protendida;
 ϵ_i = deformação linear específica da armadura protendida, no estado de descompressão, ou deformação de pré-alongamento;
 ϵ_{ar} = deformação linear específica da armadura protendida quando a seção transversal atinge a ruptura;
 ϵ''_c = deformação linear específica do concreto, que corresponde ao encurtamento de ruptura do concreto igual a 0,35% ;

Diversos

- E_a = módulo de elasticidade do aço de protensão ;
 E_c = módulo de elasticidade do concreto;
 $n_a = \frac{E_a}{E_c}$
 J = momento de inércia da seção transversal da viga;
 M_s = momento estático da parte da seção transversal da peça que fica acima do centro de gravidade desta seção;
 α, θ = ângulos formados pelas tangentes aos cabos em relação a um eixo horizontal;
 μ = taxa da armadura suplementar;
 μ_a = taxa da armadura de protensão;
 μ_e = taxa da armadura relativa à seção de envolvimento;
 γ_b = coeficiente de segurança relativo ao concreto, definido no C.E.B.-70 que pode ser adotado como 1,5.

I - INTRODUÇÃO

I.1 - Generalidades

O crescente número de obras em concreto protendido, especialmente pontes, vem exigindo que, sem perda do indispensável rigor, se consiga maior rapidez nos cálculos.

Este trabalho tem como finalidade dar um passo no sentido de minimizar o cálculo manual exigido dos engenheiros e propiciar mais tempo à análise de diversas soluções para uma viga, até se obter a melhor configuração para o traçado dos cabos.

Usualmente, procura-se dar aos cabos um traçado cuja forma, em cada trecho, possa ser representada por uma função matemática pré-estabelecida, como por exemplo a parábola. Nesses casos, os esforços correspondentes já se encontram tabelados, facilitando seu cálculo. O processo de cálculo dos esforços devidos à protensão, adotado neste trabalho, não requer esse tipo de traçado, bastando os valores das ordenadas de cada cabo ao longo da viga. Portanto, tal processo de cálculo é geral, servindo tanto para cabos cujas formas são representadas por funções matemáticas conhecidas, como para cabos com formas quaisquer.

O ponto de partida para se efetuarem os cálculos, neste trabalho, é o traçado de cabos definido pelas suas ordenadas em cada vigésimo dos vãos, que o projetista escolheu e deseja testar.

Todos os cálculos e verificações são feitos em vigésimos dos vãos, para vigas com qualquer número de tramos e cabos, simétricos ou não, mas com seção constante ao longo de toda a viga. Usualmente, os cálculos são feitos em décimos dos vãos, mas com a utilização do computador, a rapidez com que se efetuam esses cálculos é bem maior, podendo-se analisar um número maior de seções tendo-se um panorama mais geral da variação dos esforços ao longo da viga.

Quanto à sua seção transversal, os cabos podem ser de um só tipo ou de vários tipos simultaneamente; supõe-se, porém, que todas as bainhas sejam iguais. Tal restrição deve-se à dificuldade encontrada na programação ao se tentar utilizar, simultaneamente, bainhas com diâmetros diferentes.

Essa dificuldade surgiu na programação da verificação da força cortante, ou seja, quando se desconta da largura da alma os diâmetros das bainhas correspondentes aos cabos de mesma ordenada, na seção considerada,

para se calcular as tensões principais ao nível do centro de gravidade da seção (cfr. III.4.1.1). Porém, essa restrição não causa uma diminuição na segurança da peça, pelo contrário, pode aumentar a segurança se se adotar como diâmetro das bainhas, o correspondente ao cabo de maior seção transversal, porque, ao se descontar da largura da alma um diâmetro maior, a seção útil resultante será menor do que a real, isto é, daquela que se tem usando as bainhas com os diâmetros correspondentes aos respectivos cabos.

Inicialmente são calculadas as características geométricas da seção da viga, a partir das suas dimensões previamente fixadas.

A seguir são calculadas as perdas por atrito e as forças de protensão ao longo de cada cabo para cada seção (vigésimos dos vãos), descontando-se as referidas perdas.

As perdas por retração e deformação lenta são em princípio consideradas, neste trabalho, descontando-se uma determinada porcentagem da força de protensão inicial, suposta constante ao longo de todo o cabo. Uma vez escolhido o traçado mais conveniente, o cálculo pode ser refeito mais precisamente, com o próprio programa aqui apresentado, calculando-se as referidas perdas relativas a este traçado descontando-as da força inicial de protensão.

Com as ordenadas dos cabos e com as forças de protensão, já descontadas as perdas por atrito, calculam-se os momentos e as forças cortantes devidas à protensão.

Com os esforços da protensão, os das cargas externas já previamente fornecidos e as características das seções transversais da viga, são realizadas automaticamente as seguintes verificações:

- Verificação das tensões de borda
- Verificação à fissuração e cálculo de eventual armadura suplementar
- Verificação à ruptura por flexão
- Verificação da força cortante.

Através do PLOTTER faz-se o traçado dos diagramas dos momentos da protensão, das cargas móveis e permanentes.

Toda a programação foi feita em linguagem FORTRAN para o computador IBM-1130.

A análise feita na programação não aponta ao projetista a solução a ser adotada, caso as condições de segurança não sejam satisfeitas; apenas aponta os locais onde essas condições não estão asseguradas, dando ao projetista a liberdade de escolher a solução adequada.

No transcorrer do texto usam-se as palavras subrotina e subprograma indistintamente.

Em todas as deduções adotou-se a força de protensão com sinal negativo (compressão).

I.2 - O cálculo das vigas contínuas protendidas

I.2.1 - Considerações Gerais

Nas estruturas hiperestáticas de concreto armado as armaduras são "passivas", isto é, são solicitadas à medida que a estrutura é solicitada, mas não produzem esforços, a não ser por deformação lenta e retração, de menor importância.

Nas estruturas hiperestáticas de concreto protendido as armaduras de protensão, calculadas para combater os esforços pré-determinados, introduzem novos esforços que dependem fundamentalmente do próprio traçado dos cabos. Os esforços hiperestáticos da protensão modificam as linhas de pressão da protensão, que não estão mais, como nas vigas isostáticas, confundidas com o cabo, de modo que, o que se pensava estar pré-comprimido pode não estar e pode mesmo, ao contrário, estar tracionado; porém, pode-se tirar partido desses esforços para se obter linhas de pressão favoráveis no concreto.

Comparando-se um tramo de uma viga contínua protendida com uma viga isostática também protendida de mesma seção, mesmo vão e mesma quantidade de armadura que a primeira, de mostra-se que a viga contínua pode suportar uma carga maior do que a isostática.

Essa resistência inerente à construção contínua leva a uma economia de material que pode ser significativa, podendo-se empregar seções de concreto menores para mesmos vãos e cargas, além de um número menor de ancoragens, economizadas nos apoios.

Pode-se conseguir um projeto econômico de uma viga contínua protendida de várias maneiras. Devido à variação do momento ao longo da viga, as seções de concreto e de armadura também podem variar de acordo. Uma parcela dos máximos momentos negativos pode ser armada com armadura não protendida, reduzindo assim a armadura de protensão.

Em vigas hiperestáticas as flechas serão menores do que em vigas isostáticas de mesmos vãos. Assim, as vigas contínuas podem ter menor altura para resistir à mesma carga.

Deve-se porém, apontar as desvantagens que ocorrem em estruturas hiperestáticas como, por exemplo, a perda por atrito em cabos conti-

nuos. Em cabos muito longos ou com muitas curvas essas perdas podem atingir valores elevados que podem, contudo, ser diminuídos através da lubrificação das bainhas ou adotando o sistema de afrouxar e tracionar o cabo para limitar a força de protensão a valores estabelecidos.

Tensões devidas ao efeito da protensão, retração, deformação lenta, variação de temperatura e recalques de apoios são alguns dos problemas sérios a serem enfrentados quando se projeta uma estrutura hiperestática.

A ocorrência simultânea de momento máximo e força cortante sobre os apoios pode diminuir a capacidade portante da viga. Deve-se tomar cuidado de armar adequadamente esses pontos, tanto para momento quanto para força cortante.

No projeto de uma viga contínua protendida deve-se não apenas analisar as vantagens e desvantagens mostradas acima mas, analisar também, o traçado de cabos mais conveniente.

Quanto à disposição dos cabos há várias opções a serem seguidas, como por exemplo: cabos que vão de uma extremidade à outra da viga, segundo curvas senoidais ou parabólicas, passando o mais perto possível da borda inferior da viga no meio dos vãos e o mais perto possível da borda superior da viga sobre os apoios. O inconveniente neste tipo de traçado são as grandes perdas por atrito devidas ao comprimento dos cabos e a grande curvatura sobre os apoios.

Outra solução seria decompor os cabos contínuos em cabos de vão e cabos de continuidade ou cabos chapéus, sendo os primeiros semelhantes aos cabos das vigas isostáticas, ancorados nos vãos imediatos, tendo inclinações simétricas sobre os apoios para que a resultante das forças nas extremidades dos cabos passe pelos apoios. Os cabos chapéus viriam completar a ação dos cabos de vão.

Outras soluções podem ser ainda adotadas, mas, a escolha de qualquer uma delas depende do projeto que se tem em mãos e, só depois de uma análise das possíveis soluções é que se optará por uma delas.

A seguir vão apresentados os diversos tipos de esforços que solicitam as vigas contínuas protendidas e as verificações que devem necessariamente ser feitas durante o projeto.

I.2.2 - Características Geométricas

O cálculo das características geométricas foi feito dividindo-se uma seção duplo T com mísulas, em triângulos e retângulos, mantendo-se,

porém, a mesma posição relativa de cada um desses elementos e calculando-se para cada um o momento de inércia, momento estático, centro de gravidade, etc. , obtendo-se depois as características geométricas da seção toda (cfr. II.1). Este critério foi adotado porque permitiu uma sistematização adequada para programação.

I.2.3 - Perda por atrito

Em concreto protendido sem aderência inicial, a força de protensão inicialmente aplicada pelo macaco diminui de valor ao longo do cabo, em virtude do atrito entre o cabo e a parede da bainha.

Esta perda pode ser considerada como a soma de duas parcelas: uma devida à curvatura do cabo e a outra devida ao comprimento do cabo. Mesmo em cabos retos, este atrito deve ser considerado, pois não se consegue eliminar as pequenas ondulações que o conjunto bainha-cabo sofre.

Essa perda é dada pela expressão de Euler que é a adotada pelo C.E.B. (cfr. II.7).

O cálculo da força de protensão para cada cabo em cada seção foi feito de acordo com T.Y. Lin (pg.110).

Os esforços devidos à protensão foram calculados com a força de protensão, descontada a perda por atrito ao longo de cada cabo para cada seção.

I.2.4 - Momentos de engastamento perfeito e hiperestáticos de protensão

As vigas contínuas de concreto protendido se apresentam como um sistema mais difícil de ser calculado do que as vigas contínuas de concreto armado, porque, além das incógnitas encontradas neste sistema, tem-se que considerar as incógnitas hiperestáticas produzidas pela protensão.

A protensão provoca deformações em uma estrutura. Tendo essa estrutura vínculos superabundantes, eles se opõem às deformações através do aparecimento de esforços. Esses são os esforços hiperestáticos, momentos e forças cortantes, criados pela protensão.

Os momentos hiperestáticos devidos à protensão são calculados fazendo-se a compensação dos momentos de engastamento perfeito determinados anteriormente em cada apoio. Os momentos de engastamento perfeito podem ser equacionados em função apenas das excentricidades dos cabos e da força de protensão em cada seção.

Dessa maneira foram deduzidas as expressões dos momentos de engastamento perfeito à esquerda e à direita de cada tramo da viga, que são respectivamente (cfr. II.2):

$$M_A^e = \frac{6}{20l} \left(\Sigma P_{ex} - \frac{2l}{3} \Sigma P_e \right)$$

$$M_B^e = \frac{6}{20l} \left(\frac{l}{3} \Sigma P_e - \Sigma P_{ex} \right)$$

Esses momentos são calculados para cada tramo e por meio de uma compensação iterativa se obtêm os momentos hiperestáticos em cada seção.

Essa compensação dos momentos pode ser feita por qualquer processo como: Cross, Kani, três momentos, etc.

Neste trabalho optou-se por um processo matricial (Gere e Weaver) de resolução de vigas contínuas, que permite uma boa sistematização de cálculo e trata casos gerais de vigas contínuas.

1.2.5 - Momentos Nucleares

Cortando-se transversalmente uma viga protendida, vê-se que, nos casos gerais ela pode ser tratada como uma peça submetida à flexão composta, onde a força de protensão excêntrica pode ser substituída por um momento fletor e uma força de compressão axial. Esse momento fletor dado pelo produto da força de protensão pela excentricidade do cabo é o momento isostático devido à protensão.

Pode-se equacionar esse momento em função dos polos do núcleo central, e serão chamados de: momento nuclear superior e momento nuclear inferior quando referidos aos respectivos polos. As expressões desses momentos são :

$$M_{k'} = P(e + k')$$

momento nuclear superior

$$M_{k''} = P(e - k'')$$

momento nuclear inferior

sendo P a força de protensão, K' e K'' as distâncias dos polos superior e inferior respectivamente, do núcleo central ao centro de gravidade da seção e e a excentricidade do cabo.

Essa formulação apresenta a vantagem de tornar mais compactas as expressões que fornecem as tensões nas bordas das seções.

I.2.6 - Tensões nas bordas das seções

Tendo, pois, calculado os momentos nucleares e os hiperestáticos e conhecidos os momentos das cargas externas, calculam-se as tensões nas bordas das seções através das expressões:

| | |
|---|---------------------------|
| $\sigma' = \frac{1}{W'} (M_g + 1,2M_p + M_{k'} + M_h)$ | tensão na borda inferior |
| $\sigma'' = \frac{1}{W''} (M_g + 1,2M_p + M_{k''} + M_h)$ | tensão na borda superior. |

sendo M_g o momento das cargas permanentes, M_p o das cargas móveis, M_h o momento hiperestático, W' e W'' os módulos de resistência inferior e superior respectivamente, da seção da viga.

I.2.7 - Forças cortantes da protensão

Além da força cortante hiperestática (cfr. II.6), a protensão pode dar origem ao aparecimento de outra força cortante, que surgirá quando o cabo e o eixo da viga não forem paralelos, sendo a força cortante a componente perpendicular, ao eixo da viga, da força de protensão aplicada ao cabo.

No item II.5.1 se faz o estudo detalhado dos casos que ocorrem em uma viga contínua de seção constante.

I.2.8 - Verificação das tensões nas bordas

É uma verificação que visa limitar as tensões de tração (protensão limitada) e de compressão, a valores que não comprometam a segurança da obra, fixados pelo P-NB-116.

Esta verificação é feita comparando-se as tensões calcula

das, com os valores fornecidos pelo P-NB-116, item 5.3.2(cfr. III.1).

I.2.9 - Verificação à fissuração e armadura suplementar

Ao se proceder a esta verificação tem-se como objetivo limitar a abertura das fissuras, calculando uma armadura suplementar quando esta condição não for satisfeita.

Foi feita segundo as prescrições do P-NB-116, item 4.1.3. (cfr. III.2).

I.2.10 - Verificação à ruptura por flexão

Esta verificação é feita comparando-se o momento resistente à ruptura da peça pretendida, calculado no Estádio III, com a soma dos momentos das cargas externas multiplicados pelos coeficientes de segurança.

Quando a altura da zona comprimida for menor que a altura da mesa efetua-se a verificação pelo processo aproximado, indicado no P-NB-116; quando a altura da zona comprimida for maior que a mesa, faz-se a verificação por tentativas(cfr. III.3).

I.2.11 - Verificação da força cortante

Esta verificação é dividida em duas partes.

A primeira é uma verificação das tensões em serviço, em que se limita ou exclui a fissuração, a segunda visa a determinação da segurança à ruptura por efeito da força cortante e o cálculo da armadura transversal eventualmente necessária.

As tensões para a verificação no estado limite de fissuração são calculadas no Estádio I em função do esforço cortante líquido ($Q-Y_n$).

São feitas as verificações para as solicitações máximas, mínimas e de carga permanente com as tensões principais calculadas ao nível do centro de gravidade da seção transversal(cfr. III.4.1.1).

As condições a serem satisfeitas pelas tensões principais dependem da classe de verificação e correspondem na ruptura às desigualdades (cfr. III.4.1.1):

$$\sigma_I \leq \sigma_T$$

$$\sigma_{II} \leq \frac{\sigma_R}{0,73} - \left(\frac{1}{0,8} \frac{\sigma_R}{\sigma_T} \right) \sigma_I$$

A verificação à ruptura é feita com base no C.E.B.-70 que limita a tensão de referência τ_u , para a zona C, aos valores (cfr. III.4.1.2.2) :

$$\tau_u \leq \begin{cases} 51 \text{ kg/cm}^2 \\ 0,2 \frac{\sigma_R}{\gamma_b} \quad (\text{eventualmente} + 10\%) \end{cases}$$

É previsto o cálculo de uma armadura transversal para absorver os esforços cizalhantes conforme estabelece o C.E.B.-70 (cfr. III.4.1.2.2).

I.3 - Notação de computador

OBS: Usa-se a notação "nó" ao invés de "apoio" para ficar-se coerente com a notação usada por Gere e Weaver.

- A - Carga nos nós
- AC - Carga combinada nos nós
- AE - Carga equivalente nos nós
- AJ1 - Momento de inércia de cada elemento em que foi dividida a seção transversal da viga
- AJT - Momento de inércia total da seção
- ALFA - $\alpha = 16.000 \text{ kg/cm}$ - no caso de barras com saliências e bainhas corrugadas
 $\alpha = 10.000 \text{ kg/cm}$ - no caso de barras ou bainhas lisas (cfr. P-NB-116, item 4.1.3.1)
- AM - Momentos e forças cortantes nas extremidades dos tramos devidas à protensão
- AME1 - Momento estático de cada elemento em que foi dividida a seção da viga
- AMEIO - Momento estático da seção acima do centro de gravidade
- AMG - Momento das cargas permanentes
- AML - Momentos de engastamento perfeito devidos à protensão
- AMPN - Momento das cargas móveis = $1,2 \overline{M}_P$
- AMPP - Momento das cargas móveis = $1,2 M_P^+$
- AR - Reações nos nós
- B - Dimensão horizontal de cada elemento da seção
- BETAF - Soma dos senos dos ângulos que os cabos formam com a horizontal
- C - Número de cabos na viga
- CRL - Número de restrições acumuladas
- CT, CT1 - Número de cabos em cada vigésimo do vão (seção)
- D - Deslocamento dos nós
- DELTA - Diâmetro da bainha
- DIA - Diâmetros das barras da armadura suplementar
- DH - Dimensão vertical de cada elemento em que foi dividida a seção transversal da viga
- E - Módulo de elasticidade do concreto
- EA - Módulo de elasticidade do aço

- ESF1, ESF2 - Momentos nucleares superior e inferior respectivamente para cada cabo
- ESFN1, ESFN2 - Momentos nucleares totais superior e inferior respectivamente
- ESFH - Momento hiperestático
- IAUX - Matriz auxiliar
- ITEST - Número positivo para cabo tracionado pelas duas extremidades e negativo para cabo tracionado apenas por uma extremidade
- KL, K2L - Distâncias do centro de gravidade da seção transversal da viga aos polos superior e inferior do núcleo central, respectivamente
- L - Comprimentos dos tramos da viga
- M - Número de tramos da viga
- MAXTU - $0,22 \times \sigma_R$
- MOMEN - Momentos cujos diagramas serão desenhados
- NN - 21
- NR - Número de restrições dos nós
- NRJ - Número de nós restringidos
- P - Força de protensão inicial para cada cabo
- PERDA - Perda por atrito em cada seção para cada cabo
- PF, PF1 - Força de protensão total em cada seção
- PP - Força de protensão para cada cabo em cada seção descontadas as perdas por atrito
- Q1 - $1,2 Q_{PP} + Q_G$
- Q2 - $1,2 Q_{PN} + Q_G$
- QC - Força cortante total sem descontar as perdas por atrito
- QCP - Força cortante devida à protensão descontando as perdas por atrito, para cada cabo
- QG - Força cortante devida às cargas permanentes
- QMAX - Força cortante máxima
- QMIN - Força cortante mínima
- QP - Força cortante devida à protensão sem considerar as perdas por atrito, para cada cabo
- QPN - Força cortante devida às cargas móveis (Q_p^-)
- QPP - Força cortante devida às cargas móveis (Q_p^+)

- QT - Força cortante total devida à protensão, sem descontar as perdas por atrito
- QTC - Força cortante total devida à protensão descontando as perdas por atrito
- R - Grandeza auxiliar para o cálculo das características geométricas da seção
- RL - Número de restrições dos nós da viga
- S - Matriz de rigidez da estrutura
- SAL - Área da seção transversal de cada cabo
- SAT, SAT1 - Somas das áreas das seções transversais dos cabos que passam em cada seção
- SE - Área de cada elemento em que foi dividida a seção transversal da viga
- SF - Área da armadura suplementar
- SIGAE - Tensão de escoamento da armadura de protensão = σ_{ae}
- SIGAT - Tensão de ruptura da armadura de protensão = σ_{aT}
- SIGE - Tensão de escoamento da armadura suplementar = σ_e
- SIGF - Tensão admissível na armadura suplementar = σ_f
- SIGR - Tensão mínima de ruptura à compressão do concreto = σ_R
- SIGT - Tensão mínima de ruptura à tração do concreto = σ_T
- SM - Matriz de rigidez das barras
- SR - Matriz auxiliar
- ST - Área total da seção transversal da viga
- TBICN - Tensão na borda inferior da seção calculada com $1,2 \bar{M}_P^-$
- TBICP - Tensão na borda inferior da seção calculada com $1,2 M_P^+$
- TBSCN - Tensão na borda superior da seção calculada com $1,2 \bar{M}_P^-$
- TBSCP - Tensão na borda superior da seção calculada com $1,2 M_P^+$
- XH - Altura da cunha de tração
- Y - Ordenadas de cada cabo em cada seção
- YG - Altura do centro de gravidade da seção relativa à borda inferior
- YGI - Altura do centro de gravidade de cada parte da seção
- YM - Soma das ordenadas dos cabos em cada seção
- WL, W2L - Módulos de resistência inferior e superior da seção da viga

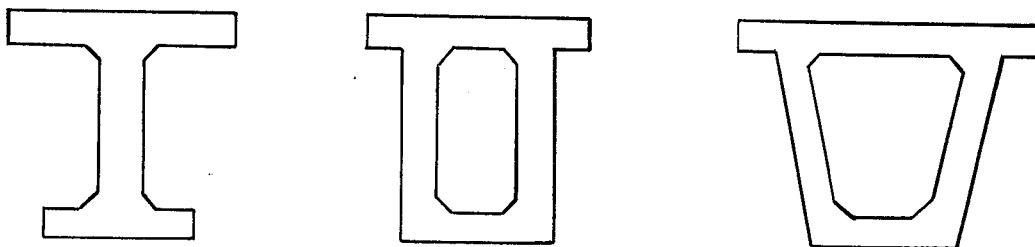
II - CÁLCULO DOS ESFORÇOS SOLICITANTES DE PROTENSÃO

II.1 - Características geométricas da seção

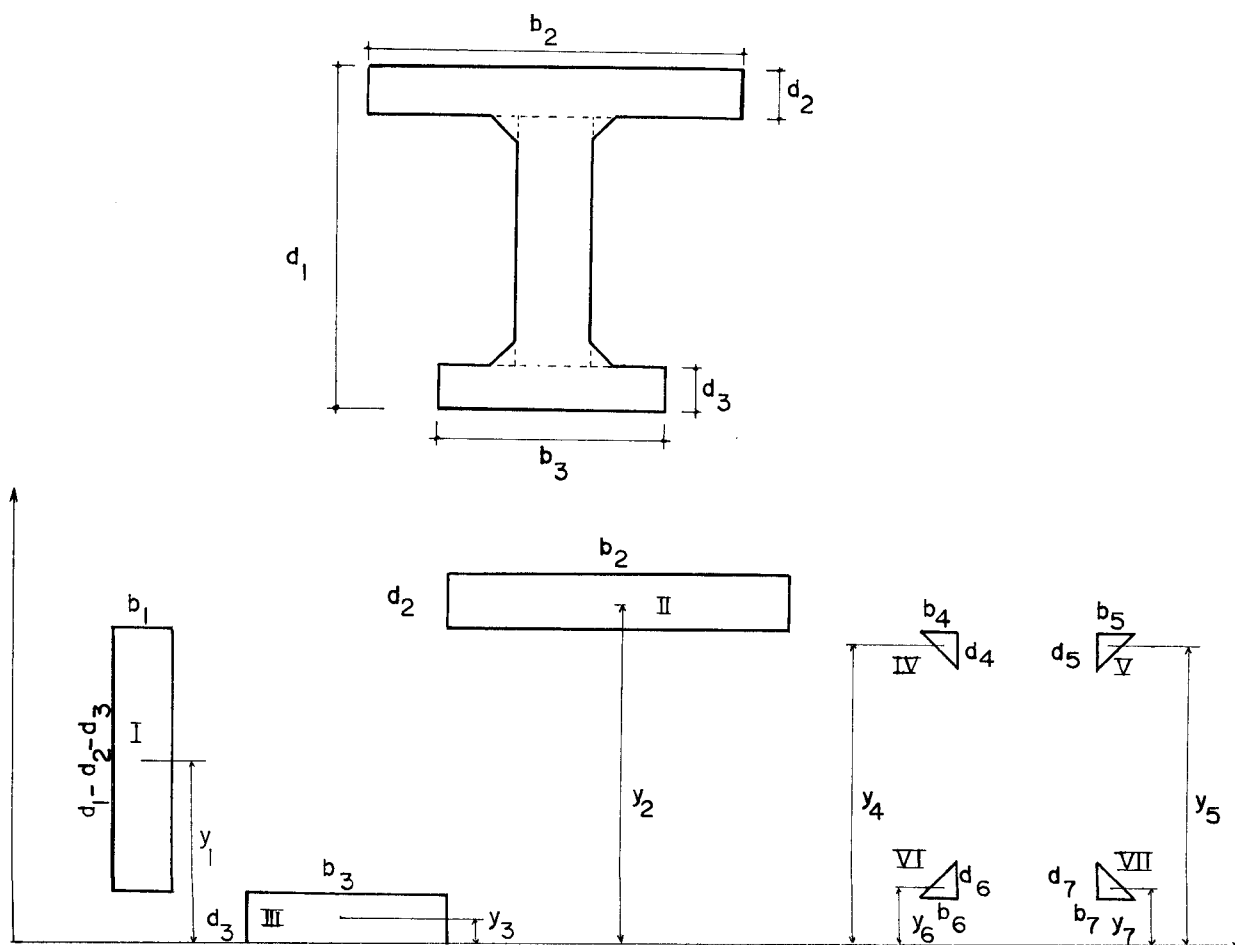
II.1.1 - Formulário

Adotou-se como seção básica para o cálculo uma seção duplo T com misulas.

Esta seção representa um tipo genérico, que pode ser obtido através de simples transformações de outras seções como as mostradas abaixo :



A seção duplo T foi dividida em retângulos e triângulos a fim de se poder sistematizar o cálculo, como se verá na figura e tabela que vêm a seguir.



| | Dimensões | Área | ORD. C.G. | Momento Estático | | R | Momento Inércia |
|-----|-----------------|-------------------------|-----------------------------|---|--|----------------------|-----------------|
| | | | | $M_E = S Y_G$ | | | |
| | b d | $S = k \cdot b \cdot d$ | Y_G | | | | $J = S Y_G^R$ |
| I | $b_1 \bar{d}_1$ | $b_1 \bar{d}_1$ | $\frac{d_1 - d_2 + d_3}{2}$ | $\frac{b_1 \bar{d}_1 (d_1 - d_2 + d_3)}{2}$ | $Y_{G1} + \frac{\bar{d}_1^2}{12 Y_{G1}}$ | $J_1 = S_1 Y_{G1}^R$ | |
| II | $b_2 d_2$ | $b_2 d_2$ | $d_1 - \frac{d_2}{2}$ | $b_2 d_2 (d_1 - \frac{d_2}{2})$ | $Y_{G2} + \frac{d_2^2}{12 Y_{G2}}$ | $J_2 = S_2 Y_{G2}^R$ | |
| III | $b_3 d_3$ | $b_3 d_3$ | $\frac{d_3}{2}$ | $\frac{b_3 d_3^2}{2}$ | $\frac{2}{3} d_3$ | $J_3 = S_3 Y_{G3}^R$ | |
| IV | $b_4 d_4$ | $\frac{1}{2} b_4 d_4$ | $d_1 - \frac{d_4}{3} - d_2$ | $\frac{1}{2} b_4 d_4 (d_1 - \frac{d_4}{3})$ | $Y_{G4} + \frac{d_4^2}{18 Y_{G4}}$ | $J_4 = S_4 Y_{G4}^R$ | |

| | Dimensões | | Área | ORD. C.G. | Momento Estático | | R | Momento Inércia |
|-----|-----------|-------|-----------------------|-----------------------------|---|-----------------------------------|------------------------|-----------------|
| | b | d | | | $M_E = SY_G$ | | | |
| V | b_5 | d_5 | $\frac{1}{2} b_5 d_5$ | $d_1 - \frac{d_5}{3} - d_2$ | $\frac{1}{2} b_5 d_5 (d_1 - \frac{d_5}{3})$ | $Y_{G5} + \frac{d_5^2}{18Y_{G5}}$ | $J_5 = S_5 Y_{G5} R_5$ | |
| VI | b_6 | d_6 | $\frac{1}{2} b_6 d_6$ | $d_3 + \frac{d_6}{3}$ | $\frac{1}{2} b_6 d_6 (d_3 + \frac{d_6}{3})$ | $Y_{G6} + \frac{d_6^2}{18Y_{G6}}$ | $J_6 = S_6 Y_{G6} R_6$ | |
| VII | b_7 | d_7 | $\frac{1}{2} b_7 d_7$ | $d_3 + \frac{d_7}{3}$ | $\frac{1}{2} b_7 d_7 (d_3 + \frac{d_7}{3})$ | $Y_{G7} + \frac{d_7^2}{18Y_{G7}}$ | $J_7 = S_7 Y_{G7} R_7$ | |

$$\bar{d}_1 = d_1 - d_2 - d_3 \quad M_{ET} = \sum M_{Ei} \quad Y_{GS} = d_1 - Y_{GI} \quad W' = \frac{J_T}{Y_{GI}} \quad K' = \frac{W'}{S_C}$$

$$J_T = \sum J_i - M_{ET} Y_{GI} \quad S_C = \sum S_i \quad Y_{GI} = \frac{M_{ET}}{S_C} \quad W'' = \frac{J_T}{Y_{GS}} \quad K'' = \frac{W''}{S_C}$$

II.1.2 - Grandezas calculadas

Foram calculadas todas as características geométricas que têm interesse para o projetista, e são apresentadas no quadro abaixo:

| LINGUAGEM | | SIGNIFICADO |
|-----------|---------|--|
| USUAL | FORTRAN | |
| Y_{GI} | YG | Altura do centro de gravidade da seção |
| J_T | AJT | Momento de inércia da seção |
| S_C | ST | Área da seção |
| W' | WL | Módulo de resistência inferior da seção |
| W'' | W2L | Módulo de resistência superior da seção |
| K' | KL | Distância do C.G. da seção ao polo superior do n.central |
| K'' | K2L | Distância do C.G. da seção ao polo inferior do n.central |
| M_{ET} | AMEIO | Momento estático da seção acima do C.G. da seção |

II.1.3 - Explicação do subprograma

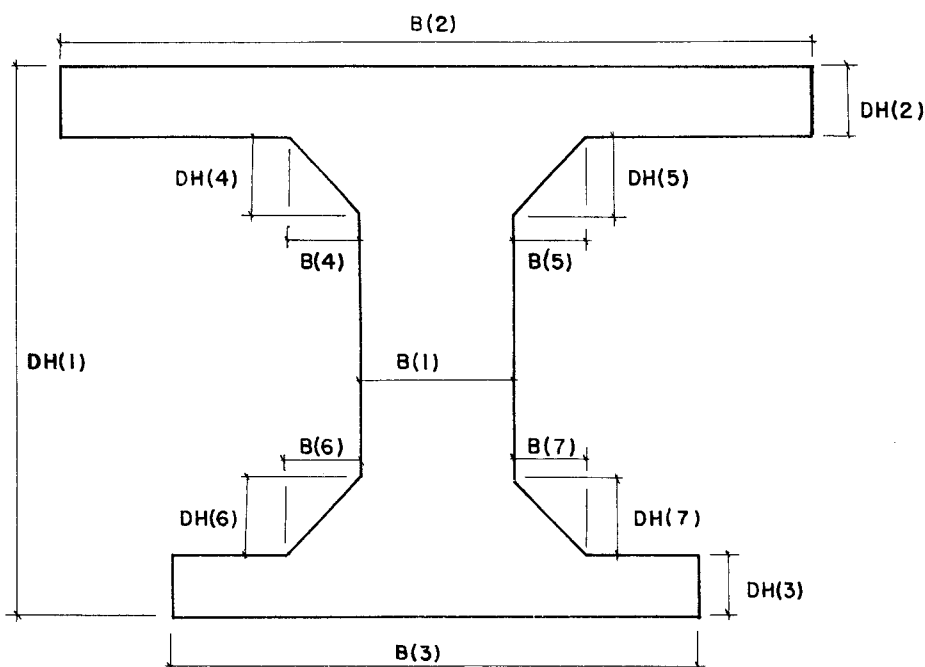
Para o cálculo das características geométricas da seção foi feita uma subrotina denominada CAGEO, com os seguintes argumentos:

B, DH, AME, AMEIO, YG, AJT, WL, W2L, KL, K2L, YGI, R, SE, AME1, AJ1, ST .

Esta subrotina é geral, sendo mudados apenas os dados de entrada quando se quer calcular as características geométricas para uma seção diferente da adotada como modelo. Essa mudança dos dados está exposta no capítulo IV.

Deve-se observar que se considerou a seção constante ao longo da viga.

São fornecidos em cartões de dados os valores dos B(I) e DH (I) aos pares, na ordem crescente dos índices conforme figura que se segue:



Inicialmente os dados são transformados de centímetros para metros.

Os cálculos são feitos seguindo a tabela apresentada no item II.1.1, onde $b_i = B(I)$ e $d_i = DH(I)$.

Calculam-se as áreas dos elementos (SE(I)) parceladamente, primeiro do elemento I, a seguir dos elementos II e III, e sua soma (SA). Depois calculam-se as dos elementos IV a VII e sua soma (SB). Faz-se a soma total e obtêm-se a área da seção toda (ST).

A seguir calculam-se os centros de gravidade de cada elemento componente da seção (YGI (I)).

Com esses valores são calculados os momentos estáticos de cada elemento (AMEI(I)) e somados dando o valor total (AME).

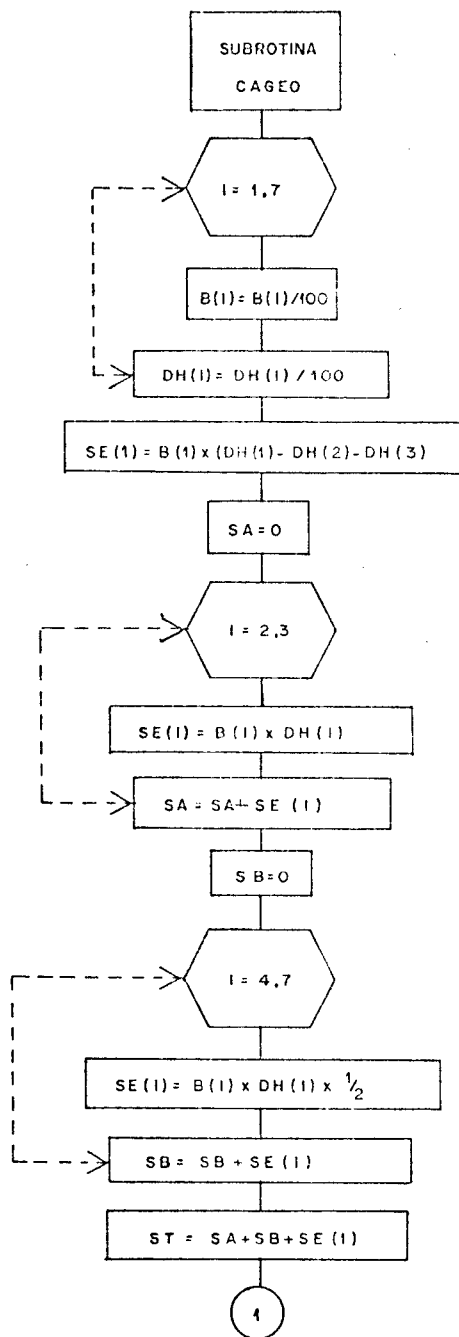
Em seguida vem o cálculo dos R(I), que são valores auxiliares. Com os R(I) e AMEI(I) calculam-se os momentos de inércia de cada elemento da seção (AJI(I)) que, somados fornecem o valor AJ.

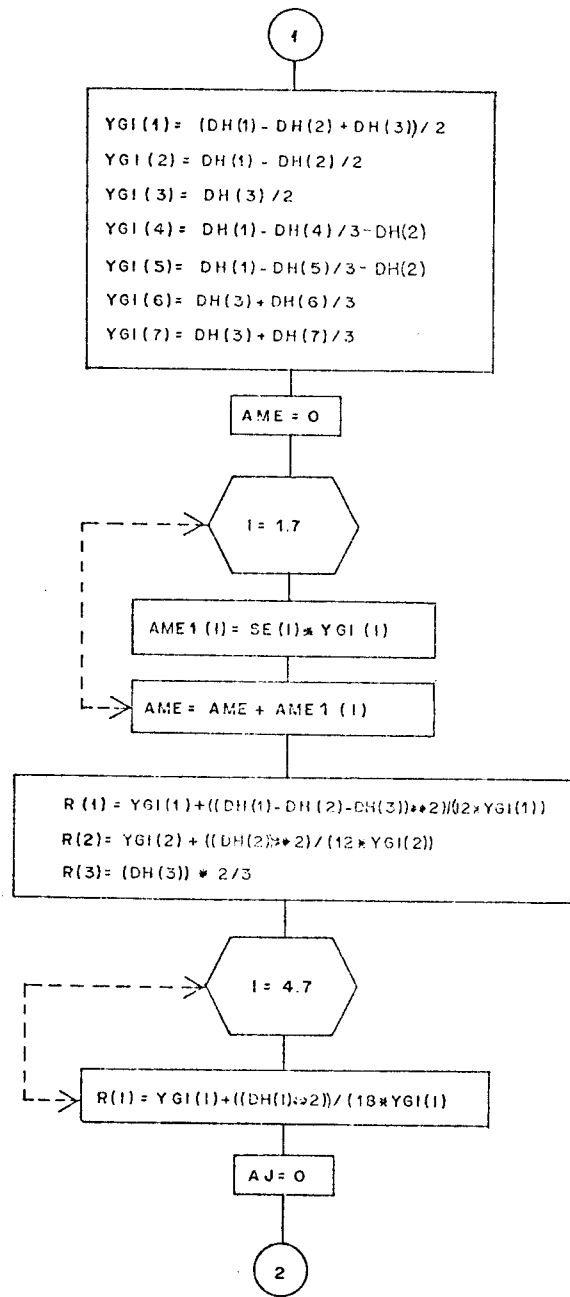
Finalmente vem o cálculo das características geométricas da seção toda, de acordo com as fórmulas apresentadas abaixo da tabela (item II.1.1.).

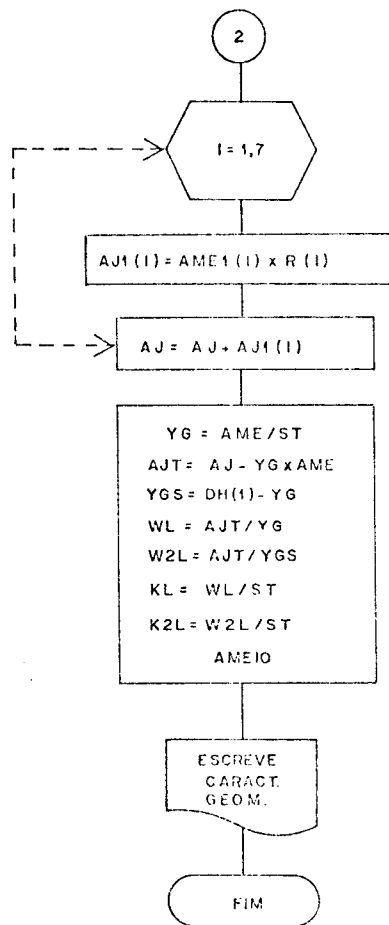
Terminados os cálculos imprimem-se os principais valores calculados.

Os DIMENSION desta subrotina são invariáveis.

II.1.4 - Diagrama de Blocos





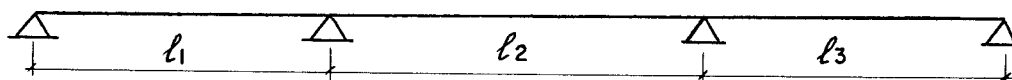


II.2 - Momentos de Engastamento Perfeito

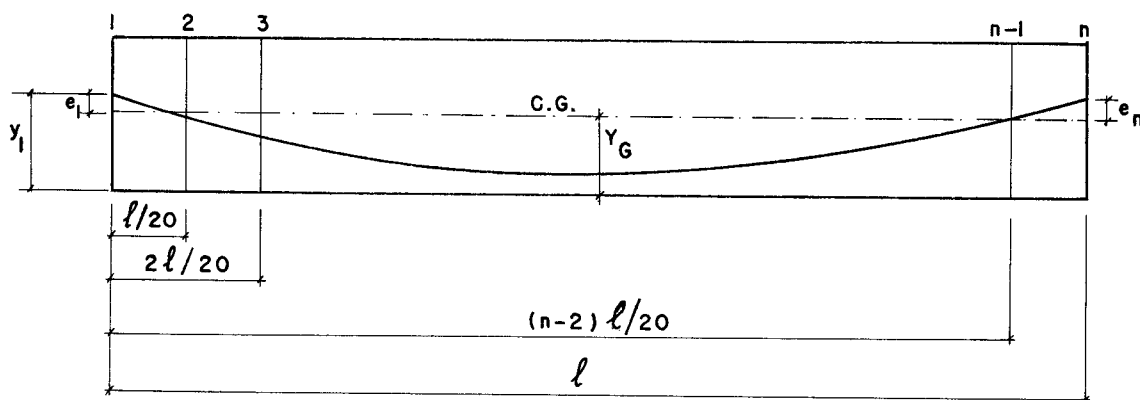
II.2.1 - Teoria

Os momentos de engastamento perfeito foram calculados usando-se apenas as ordenadas dos cabos em cada seção (vigésimos dos vãos), medidas a partir da borda inferior da viga, o que torna esse cálculo geral, servindo para cabos com quaisquer traçados.

Considere-se a viga contínua de três tramos, simétrica ou não, desenhada abaixo :

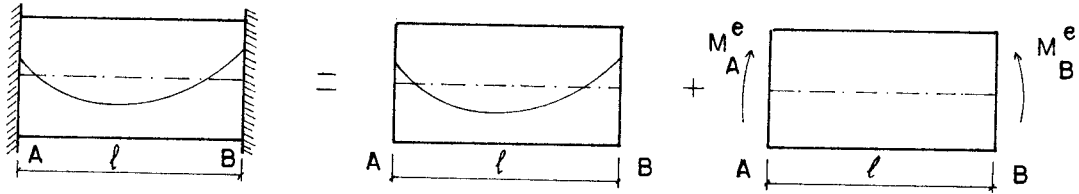


Todos os apoios da viga são considerados engastados e considere-se apenas um dos tramos dividido em vigésimos do vão :

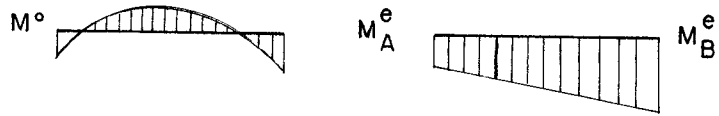


Sejam M_A^e e M_B^e os momentos de engastamento perfeito nas extremidades A e B respectivamente, do tramo da viga considerada, supostos positivos quando provocam tração na parte inferior da viga.

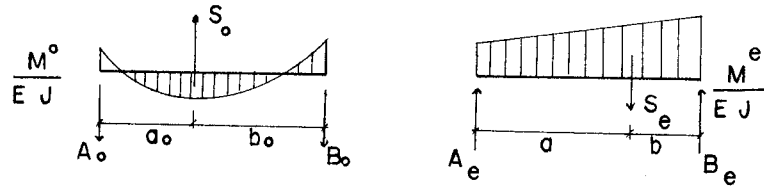
Com a Analogia de Mohr obtém-se :



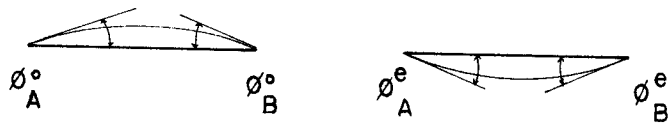
Diagramas de Momentos



Pela Analogia de Mohr



Rotações nos apoios



Da condição de rotação nula na viga inicial tem-se:

$$\phi_A^o + \phi_A^e = 0 \quad (1)$$

$$\phi_B^o + \phi_B^e = 0 \quad (2)$$

Como:

$$A_o = \frac{S_o b_o}{l}; \quad B_o = \frac{S_o a_o}{l}; \quad A_e = \frac{S_e b}{l}; \quad B_e = \frac{S_e a}{l}$$

e:

$$\phi_A^o = A_o; \quad \phi_B^o = B_o; \quad \phi_A^e = A_e; \quad \phi_B^e = B_e$$

vem:

$$\phi_A^o = \frac{S_{o_o} b_o}{\ell} ; \phi_B^o = \frac{S_{o_o} a_o}{\ell} ; \phi_A^e = \frac{S_e b}{\ell} ; \phi_B^e = \frac{S_e a}{\ell}$$

Substituindo os ϕ nas equações (1) e (2) vem:

$$\frac{S_{o_o} b_o}{\ell} + \frac{S_e b}{\ell} = 0 \quad \therefore \quad S_{o_o} b_o + S_e b = 0 \quad (3)$$

$$\frac{S_{o_o} a_o}{\ell} + \frac{S_e a}{\ell} = 0 \quad \therefore \quad S_{o_o} a_o + S_e a = 0 \quad (4)$$

Do diagrama de momentos tira-se que :

$$S_e = \frac{1}{2EJ} (M_A^e + M_B^e) \ell ; a = \frac{\ell}{3} \cdot \frac{M_A^e + 2M_B^e}{M_A^e + M_B^e} ; b = \frac{\ell}{3} \cdot \frac{2M_A^e + M_B^e}{M_A^e + M_B^e}$$

Levando esses valores na equação (3) e simplificando vem:

$$S_{o_o} b_o + \frac{\ell^2}{6EJ} (2M_A^e + M_B^e) = 0 \quad (5)$$

Repetindo o raciocínio para a equação (4) obtêm-se:

$$S_{o_o} a_o + \frac{\ell^2}{6EJ} (M_A^e + 2M_B^e) = 0 \quad (6)$$

As equações (5) e (6) formam um sistema com duas incógnitas M_A^e e M_B^e que resolvido fornece:

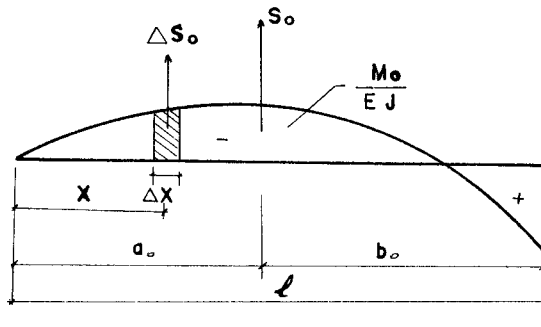
$$M_A^e = S_{o_o} (a_o - 2 b_o) \frac{2EJ}{\ell^2} \quad (7)$$

e

$$M_B^e = S_{o_o} (b_o - 2 a_o) \frac{2EJ}{\ell^2} \quad (8)$$

II.2.1.1 - Cálculo de S_o , a_o e b_o

Considere-se a figura abaixo e tome-se um elemento Δx de \bar{a} rea ΔS_o a uma distância x da origem:



Da figura observa-se que:

$$S_o = \Sigma \Delta S_o = \Sigma \frac{M_o}{EJ} \Delta x .$$

Mas $M_o = P.e$ (momento isostático), sendo $e =$ excentricidade do cabo e $P =$ força de protensão.

Portanto:

$$S_o = \Sigma \frac{Pe}{EJ} \Delta x$$

Da condição de equilíbrio vem:

$$b_o = \frac{\Sigma \Delta S_o (l - x)}{\Sigma \Delta S_o} = \frac{\Sigma \frac{Pe}{EJ} (l - x) \Delta x}{\Sigma \Delta S_o}$$

$$a_o = \frac{\Sigma \Delta S_o x}{\Sigma \Delta S_o} = \frac{\Sigma \frac{Pe}{EJ} x \Delta x}{\Sigma \Delta S_o}$$

Substituindo esses valores na igualdade (7) mantendo E e J constantes vem:

$$M_A^e = \frac{\Sigma \Delta S_o}{\Sigma \Delta S_o} \left(\frac{\Sigma \frac{Pe}{EJ} x \Delta x}{\Sigma \Delta S_o} - 2 \frac{\Sigma \frac{Pe}{EJ} (\ell - x) \Delta x}{\Sigma \Delta S_o} \right) \frac{2EJ}{\ell^2}$$

Simplificando essa expressão obtêm-se:

$$M_A^e = \frac{2}{\ell^2} \Sigma Pe x \Delta x - \frac{4}{\ell^2} \Sigma Pe (\ell - x) \Delta x$$

$$M_A^e = \frac{2}{\ell^2} \Sigma Pe x \Delta x - \frac{4}{\ell^2} \Sigma Pe \ell \Delta x + \frac{4}{\ell^2} \Sigma Pe x \Delta x$$

Agrupando e simplificando obtêm-se:

$$M_A^e = \frac{6}{\ell^2} \left(\Sigma Pe x \Delta x - \frac{2\ell}{3} \Sigma Pe \Delta x \right)$$

Substituindo os valores de S_o , a_o e b_o na igualdade (8) e simplificando obtêm-se:

$$M_B^e = \frac{6}{\ell^2} \left(\frac{\ell}{3} \Sigma Pe \Delta x - \Sigma Pe x \Delta x \right)$$

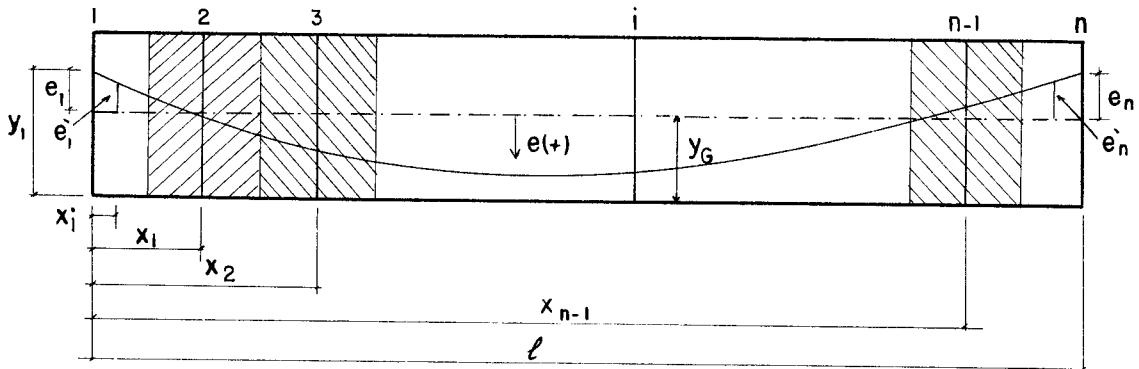
Como os momentos são calculados considerando-se os vigêsi-
mos dos vãos, isto é, fazendo-se $\Delta x = \frac{\ell}{20}$, obtêm-se as fórmulas finais:

$$M_A^e = \frac{6}{20\ell} \left(\Sigma Pe x - \frac{2\ell}{3} \Sigma Pe \right) \quad (9)$$

$$M_B^e = \frac{6}{20\ell} \left(\frac{\ell}{3} \Sigma Pe - \Sigma Pe x \right) \quad (10)$$

II.2.2 - Formulário para programação

Considere-se um tramo qualquer da viga com um cabo dado pelas suas ordenadas, em cada vigésimo do vão:



Os valores x_i são as distâncias das seções em que foi dividido o tramo considerado à primeira seção do mesmo tramo; e os valores e_i são as excentricidades do cabo em cada seção, positivas quando estiverem abaixo do centro de gravidade da seção.

Da figura acima obtém-se:

$$\begin{aligned}
 x'_1 &= \frac{l}{80} & e'_1 &= y_G - y_1 \\
 x_2 &= \frac{l}{20} & e_2 &= y_G - y_2 \\
 x_3 &= \frac{2l}{20} & e_3 &= y_G - y_3 \\
 &\vdots & &\vdots \\
 x_{n-1} &= \frac{(n-2)l}{20} & e_{n-1} &= y_G - y_{n-1} \\
 x'_n &= \frac{79l}{80} & e'_n &= y_G - y'_n
 \end{aligned}$$

Os valores x_i foram obtidos considerando-se faixas de influência para cada seção. As faixas são obtidas tomando-se metade da seção anterior e metade da posterior.

As fórmulas dos momentos de engastamento perfeito foram calculadas por partes para melhor metodização e cálculo pelo computador.

Assim sendo, os termos ΣPe e ΣPex foram calculados do seguinte modo:

$$\Sigma Pex\Delta x = P_1'e_1'x_1'\Delta x + P_2e_2x_2\Delta x + \dots + P_{n-1}e_{n-1}x_{n-1}\Delta x + P_n'e_n'x_n'\Delta x$$

Substituindo-se nesta igualdade os valores de x_i tem-se:

$$\Sigma Pex\Delta x = P_1'e_1' \frac{\ell}{80} \cdot \frac{\ell}{40} + P_2e_2 \frac{\ell}{20} \cdot \frac{\ell}{20} + P_3e_3 \frac{2\ell}{20} \cdot \frac{\ell}{20} + \dots + P_{n-1}e_{n-1} \frac{(n-2)\ell}{20} \cdot \frac{\ell}{20} + P_n'e_n' \frac{79\ell}{80} \cdot \frac{\ell}{40}$$

Colocando $(\frac{\ell}{20})^2$ em evidência vem:

$$\Sigma Pex\Delta x = (\frac{\ell}{20})^2 \left[\frac{1}{8} P_1'e_1' + P_2e_2 + 2P_3e_3 + \dots + (n-2)P_{n-1}e_{n-1} + \frac{79}{8} P_n'e_n' \right]$$

Supondo $P_1'e_1' \cong P_1e_1$ e $P_n'e_n' \cong P_n e_n$ tem-se:

$$\Sigma Pex\Delta x = (\frac{\ell}{20})^2 \left[\frac{1}{8} P_1e_1 + P_2e_2 + 2P_3e_3 + \dots + (n-2)P_{n-1}e_{n-1} + \frac{79}{8} P_n e_n \right]$$

A expressão de $\Sigma Pex\Delta x$ usada na programação é a seguinte:

$$\Sigma Pex\Delta x = \left(\frac{\ell}{20}\right)^2 \left[P_2 e_2 + 2P_3 e_3 + \dots + (n-2)P_{n-1} e_{n-1} + 10P_n e_n \right]$$

que no caso de viga simétrica é igual a anterior.

O termo $\Sigma Pe\Delta x$ é calculado do seguinte modo:

$$\Sigma Pe\Delta x = P_1' e_1' \frac{\ell}{40} + P_2 e_2 \frac{\ell}{20} + \dots + P_{n-1} e_{n-1} \frac{\ell}{20} + P_n' e_n' \frac{\ell}{40}$$

Fazendo $P_1' e_1' \cong P_1 e_1$ e $P_n' e_n' \cong P_n e_n$ e pondo $\frac{\ell}{20}$ em evidên

cia vem:

$$\Sigma Pe\Delta x = \frac{\ell}{20} \left(\frac{1}{2} P_1 e_1 + P_2 e_2 + \dots + P_{n-1} e_{n-1} + \frac{1}{2} P_n e_n \right)$$

Substituindo os termos $\Sigma Pex\Delta x$ e $\Sigma Pe\Delta x$ na expressão

$$M_A^e = \frac{6}{\ell^2} \left(\Sigma Pex\Delta x - \frac{2\ell}{3} \Sigma Pe\Delta x \right) \text{ vem:}$$

$$M_A^e = \frac{6}{\ell^2} \left[\left(\frac{\ell}{20}\right)^2 (P_2 e_2 + 2P_3 e_3 + \dots + 10P_n e_n) - \frac{2\ell}{3} \cdot \frac{\ell}{20} \left(\frac{1}{2} P_1 e_1 + \dots + \frac{1}{2} P_n e_n \right) \right]$$

Colocando $\frac{l}{20}$ em evidência vem :

$$M_A^e = \frac{6}{20l} \left[\frac{l}{20} (P_2 e_2 + 2P_3 e_3 + \dots + 10 P_n e_n) - \frac{2l}{3} \left(\frac{1}{2} P_1 e_1 + \dots + \frac{1}{2} P_n e_n \right) \right]$$

Comparando esta expressão com a (9) vê-se que:

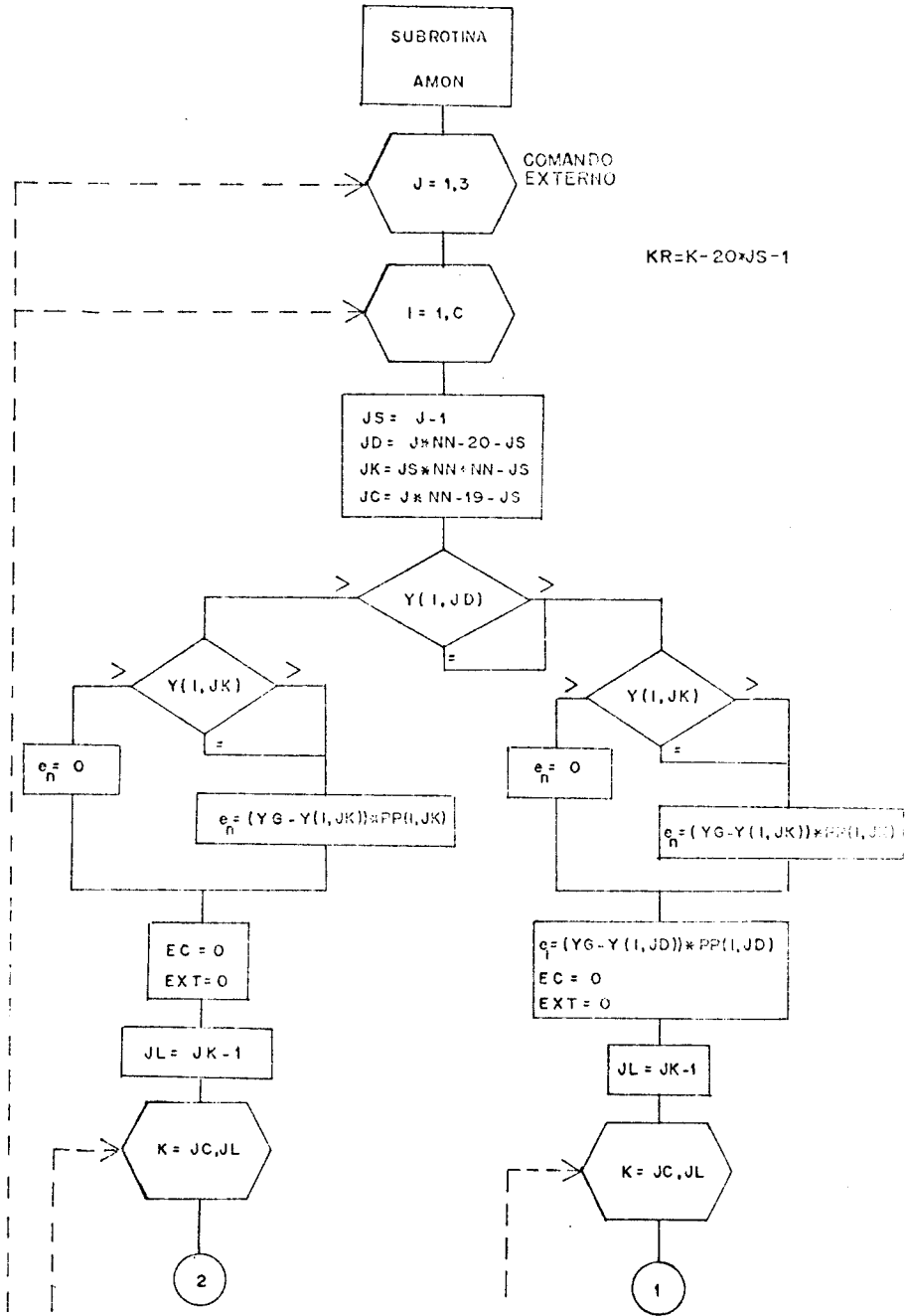
$$\Sigma P e_x = \frac{l}{20} (P_2 e_2 + 2P_3 e_3 + \dots + 10P_n e_n)$$

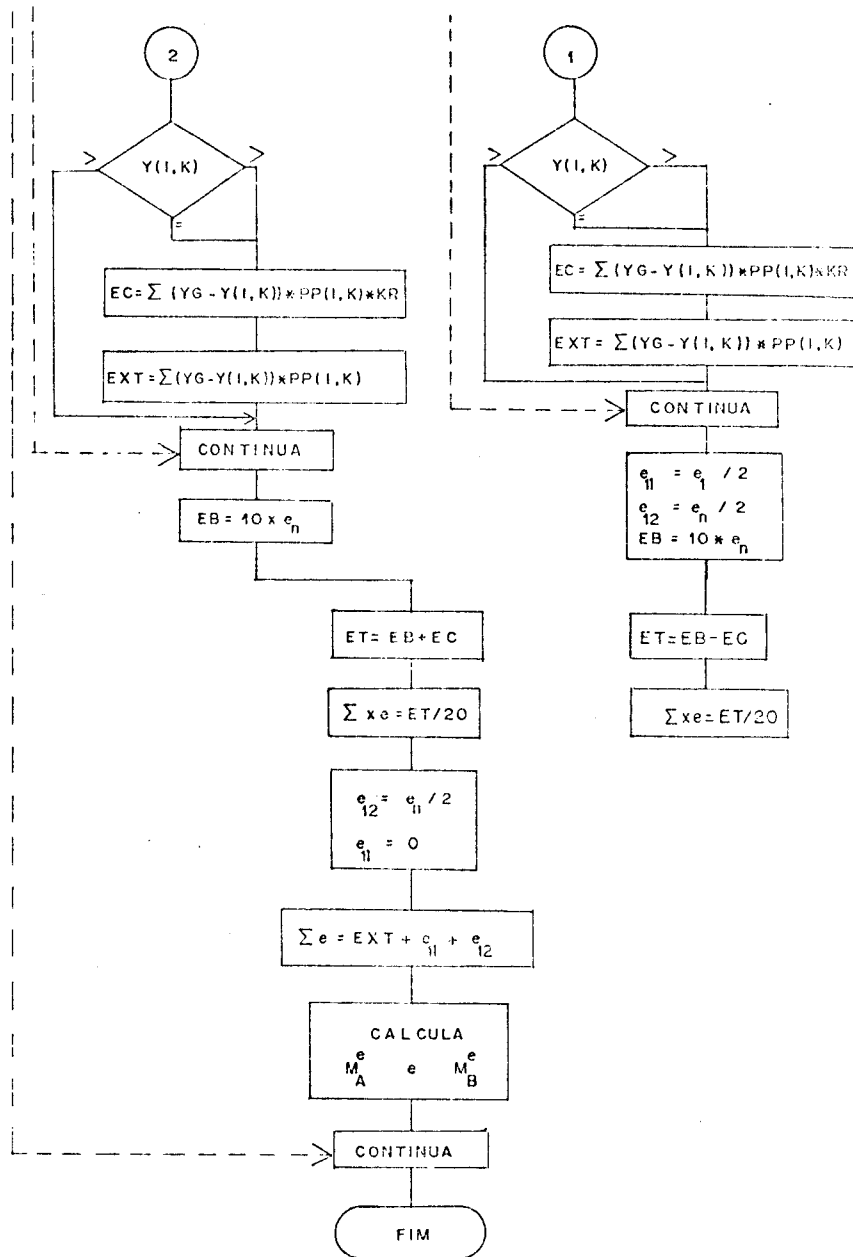
$$\Sigma P e = \frac{1}{2} P_1 e_1 + P_2 e_2 + \dots + P_{n-1} e_{n-1} + \frac{1}{2} P_n e_n$$

Analogamente calcula-se o momento M_B^e .

Este estudo, feito para um tramo qualquer da viga pode ser estendido para qualquer outro tramo porque, como se viu no início, todos os nós são engastados.

II.2.3 - Diagrama de Blocos





II.3 - Momento hiperestático devido à protensão

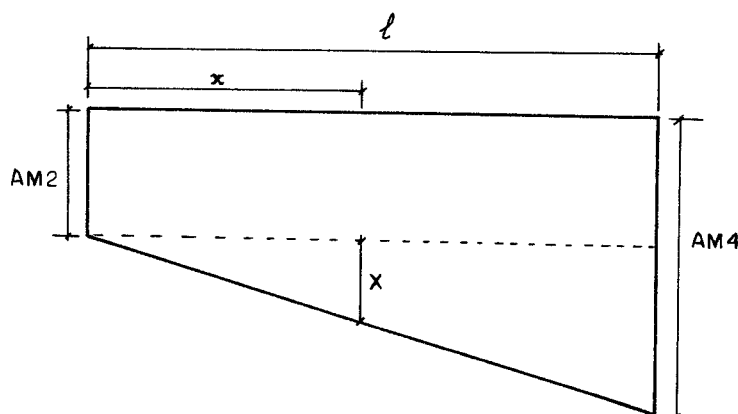
Depois de calculados os momentos de engastamento perfeito à esquerda e a direita de cada tramo da viga contínua, deve-se fazer a compensação desses momentos, para se obter os hiperestáticos da protensão.

Essa compensação dos momentos pode ser feita por qualquer método, tendo-se optado neste trabalho por um processo matricial que se aplica a qualquer tipo de viga contínua.

Para isso desenvolveu-se um programa em linguagem FORTRAN contido em Gere e Weaver.

A fórmula usada para o cálculo é vista no item seguinte.

II.3.1 - Formulário



Sendo:

$AM2$ = momento final à esquerda do tramo considerado

$AM4$ = momento final à direita do tramo considerado

$ESFH$ = momento hiperestático na seção considerada

Da semelhança de triângulos obtêm-se:

$$\frac{AM4 - AM2}{l} = \frac{X}{x}$$

$$X = \frac{x}{l} (AM4 - AM2)$$

O valor x é função da seção considerada; para a seção 1 tem-se $x = l/20$, para a seção 2 tem-se $x = 2l/20$, generalizando tem-se $x = kl/20$ onde $k = 1, 2, \dots$

Portanto tem-se:

$$X = \frac{k}{20} (AM4 - AM2)$$

Finalmente, o momento hiperestático em cada seção será:

$$\boxed{ESFH = X + AM2}$$

A notação usada nesta dedução é a mesma da programação.

II.3.2 - Explicação do subprograma

A subrotina que calcula os momentos hiperestáticos em cada seção da viga recebeu o nome de HIPER e tem argumentos fictícios:

NN, M, AM4, AM2, X, ESFH, kk

Os DIMENSION desta subrotina não precisam ser alterados, para qualquer viga analisada.

O argumento kk varia com o número de tramos da viga e sua

função é permitir uma redefinição de índices que serão os números das seções da viga. O índice redefinido é o valor IT na programação.

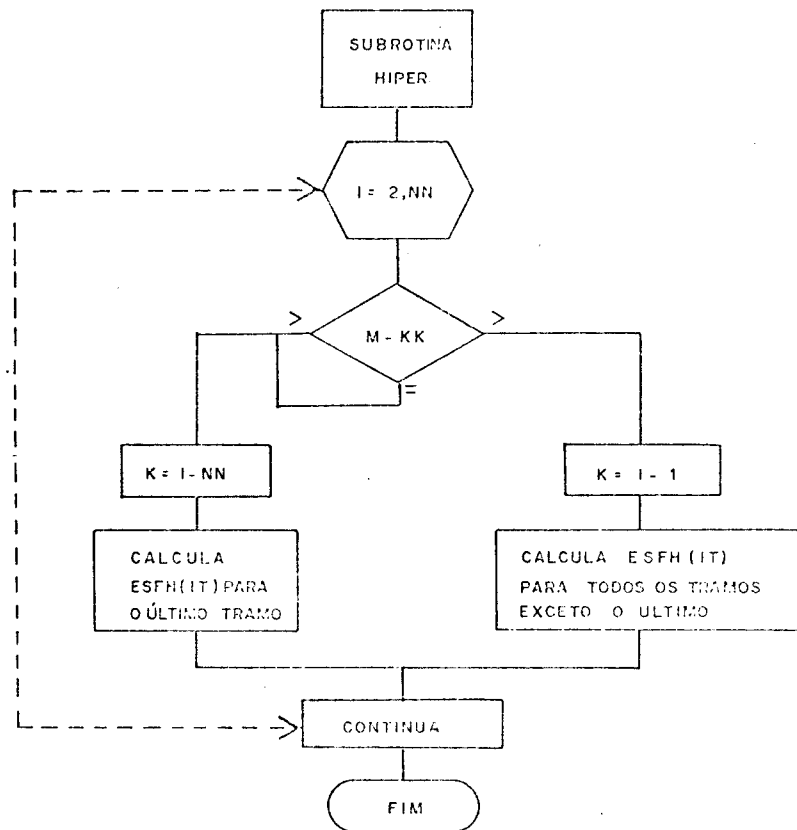
Na subrotina, o cálculo dos momentos é feito a partir da segunda seção, sendo que para a primeira seção é feito no programa principal .

A chamada da subrotina esta dentro de um DO que varia com o número de tramos da viga.

Esta variação do DO é feita automaticamente, não precisando ser alterada quando se analisar vigas com números de tramos diferentes, porque, quando se muda o número de tramos, a variação do DO muda automaticamente.

II.3.3 - Diagrama de Blocos

II.3.3- DIAGRAMA DE BLOCOS

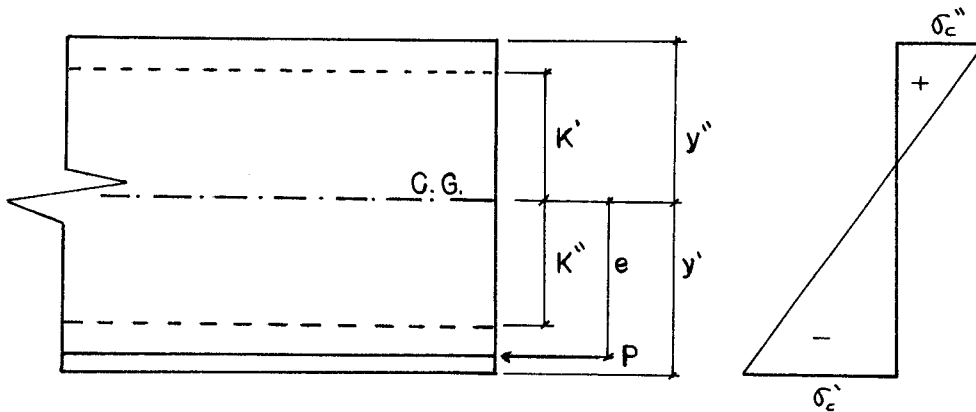


II.4 - Momentos Nucleares

II.4.1 - Formulário

Os momentos nucleares são calculados com a finalidade de se obter uma formulação mais condensada do momento devido à excentricidade dos cabos para obtenção das tensões de borda devidas à protensão.

Considere-se figura abaixo, onde está representada uma seção da viga em estudo



onde k' e k'' são as distâncias do C.G. da seção às extremidades superior e inferior do núcleo central, respectivamente.

As tensões devidas à protensão são calculadas pelas expressões:

$$\sigma'_c = \frac{P}{S_c} + \frac{Pe}{J} y' \quad (\text{borda inferior da seção}) \quad (1)$$

$$\sigma''_c = \frac{P}{S_c} - \frac{Pe}{J} y'' \quad (\text{borda superior da seção}) \quad (2)$$

Sabe-se que:

$$J = S_c i^2, \quad W' = \frac{J}{y'}, \quad W'' = \frac{J}{y''}$$

Substituindo a expressão de J em W' e W'' vem:

$$W' = \frac{S_c i^2}{y'} = S_c k'$$

$$W'' = \frac{S_c i^2}{y''} = S_c k''$$

Substituindo esses valores na expressão (1) obtêm-se:

$$\sigma'_c = \frac{P}{S_c} + \frac{Pe}{J} y' = \frac{P}{S_c} \left(1 + \frac{e}{i^2} y'\right) = P \frac{(k' + e)}{k' S_c} = P \frac{k' + e}{W'} \quad (3)$$

Os momentos nucleares têm como expressões:

$$M_{k'} = P(e + k') \text{ (superior),}$$

$$M_{k''} = P(e - k'') \text{ (inferior).} \quad (4)$$

Comparando a expressão (4) com a expressão (3) obtêm-se, finalmente

$$\sigma'_c = \frac{M_{k'}}{W'}$$

Com dedução análoga obtêm-se:

$$\sigma''_c = \frac{M_{k''}}{W''}$$

II.4.2 - Explicação do subprograma

A subrotina que calcula os momentos nucleares recebeu o nome de ANUCL e tem os seguintes argumentos:

PP, IV, YG, Y, KL, K2L, ESF1, ESF2

De modo análogo à HIPER o cálculo é feito para cada cabo em cada seção obtendo-se os momentos nucleares ESF1, ESF2. A soma para todos os cabos é feita no programa principal obtendo-se os momentos ESFN1, e ESFN2 que são os momentos nucleares de todos os cabos em cada seção.

A sua chamada é feita uma única vez para qualquer tipo de viga estudada.

Após a chamada da subrotina faz-se a soma dos momentos nucleares de cada cabo em cada seção afim de se obter os momentos nucleares totais em cada seção.

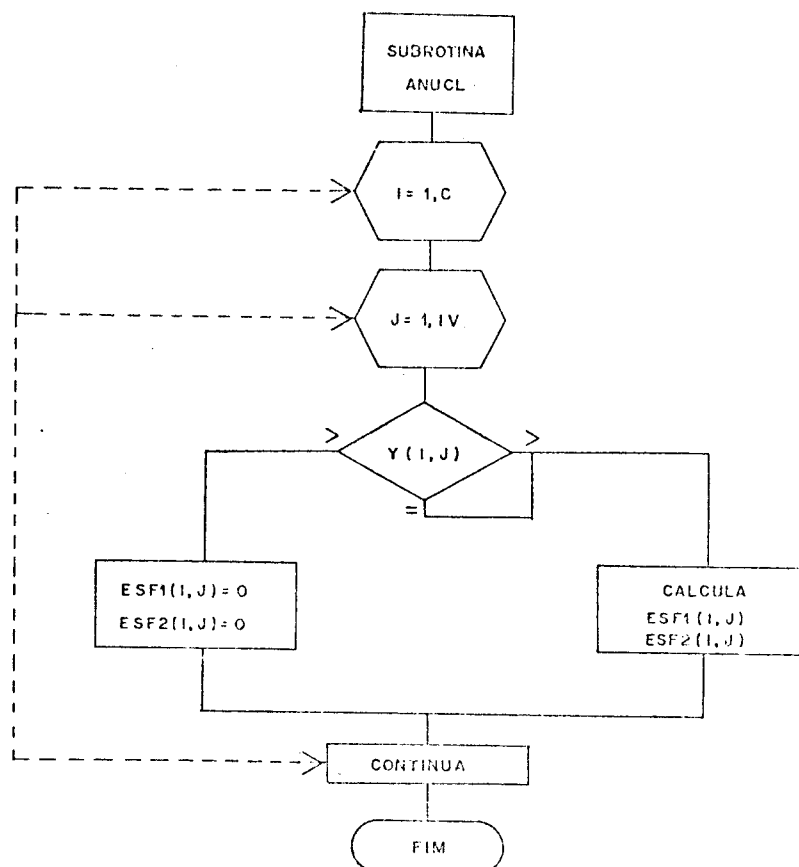
Os DIMENSION que devem ser alterados caso varie o número de tramos ou cabos são os seguintes:

$Y(I, J)$, $ESF1(I, J)$, $ESF2(I, J)$.

I = número de cabos

J = número de seções em que foi dividida a viga

II.4.3 - Diagrama de Blocos



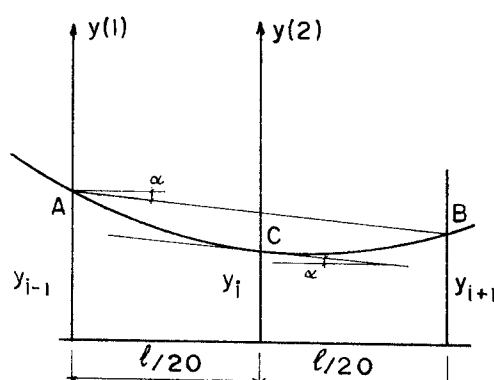
II.5 - Forças cortantes da protensão

II.5.1 - Teoria

A dedução das fórmulas para o cálculo das forças cortantes devidas à protensão, foram baseadas nas seguintes hipóteses:

- 1 - Os ângulos de curvatura dos cabos são pequenos.
- 2 - A tangente a um ponto da curva é paralela à reta que une os dois pontos adjacentes equidistantes do ponto considerado. Os pontos da curva são intersecções dos cabos com as seções em que foi dividida a viga.

II.5.2 - Formulário



II.5.2.1 - Força cortante para uma seção intermediária (eixo y na posição (2)):

Das hipóteses (1) e (2) vem:

$$(tg\alpha)_{x=0} = (tg\alpha)_{\text{reta AB}} = \frac{y_{i+1} - y_{i-1}}{(l/10)} = \frac{10}{l} (y_{i+1} - y_{i-1})$$

Isto corresponde em cada seção, a aproximar a trajetória do cabo com a parábola definida pelos pontos de passagem do cabo na seção considerada e nas duas seções adjacentes. De fato ter-se-ia então:

$$y = Ax^2 + Bx + C \quad \text{e} \quad \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = 0 = B$$

$$\text{para } x = 0 ; y = y_i \quad \therefore y = y_i = C \quad (1)$$

$$\text{para } x = \frac{\ell}{20} ; y = y_{i+1} \quad \therefore y = y_{i+1} = \frac{A\ell^2}{400} + \frac{B\ell}{20} + y_i \quad (2)$$

$$\text{para } x = -\frac{\ell}{20} ; y = y_{i-1} \quad \therefore y = y_{i-1} = \frac{A\ell^2}{400} - \frac{B\ell}{20} + y_i \quad (3)$$

Multiplicando-se (3) por -1 e somando com (2) vem:

$$\frac{B\ell}{10} = y_{i+1} - y_{i-1}$$

$$\therefore B = \frac{10}{\ell}(y_{i+1} - y_{i-1}) \quad (4)$$

$$\text{como } \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = (\text{tg}\alpha)_{x=0} = \frac{10}{\ell}(y_{i+1} - y_{i-1})$$

Conhecida a $\text{tg}\alpha$ determina-se o $\text{sen}\alpha$ através da fórmula:

$$\text{sen}\alpha = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{1 + \text{tg}^2\alpha}}$$

A força cortante será:

$$Q = P\text{sen}\alpha$$

II.5.2.2 - Força cortante para uma seção extrema(eixo y na posição (1)):

Fazendo-se um desenvolvimento análogo ao item II.5.2.1 tem-se:

$$\text{para } x = 0; y=y_{i-1} \therefore y=y_{i-1} = C \quad (5)$$

$$\text{para } x = \frac{\ell}{20}; y=y_i \therefore y = y_i = \frac{A\ell^2}{400} + \frac{B\ell}{20} + y_{i-1} \quad (6)$$

$$\text{para } x = \frac{2\ell}{20}; y=y_{i+1} \therefore y=y_{i+1} = \frac{4A\ell^2}{400} + \frac{2B\ell}{20} + y_{i-1} \quad (7)$$

Multiplicando-se (6) por -4 e somando com (7) tem-se:

$$-4y_i + y_{i+1} + 3y_{i-1} = -\frac{2B\ell}{20}$$

$$\therefore B = \frac{20}{\ell}(-0,5y_{i+1} - 1,5y_{i-1} + 2y_i) \quad (8)$$

Conhecendo a $\text{tg}\alpha$ tem-se o $\text{sen}\alpha$ e portanto

$$Q = P\text{sen}\alpha$$

II.5.2.3 - Comentário

O cálculo das tangentes pelas expressões (4) e (8) se fez necessário, para evitar que se medisse o ângulo que cada cabo forma com a horizontal em cada seção, e fosse introduzido como um dado no programa.

Para ângulos α pequenos poderia ter sido feita a suposição de que $\text{tg}\alpha \approx \text{sen}\alpha$ com resultados satisfatórios, mas para ângulos próximos de 30° essa aproximação acarreta um erro considerável. Preferiu-se pois calcular para todas as seções o seno do ângulo a partir da tangente previamente aproximada com a (4) ou a (8).

A seguir vem uma comparação entre as diversas alternativas.

a) Supondo $P = 20 \text{ t}$, $\alpha = 17^{\circ}30'$, $l = 1420 \text{ cm}$, com a extremi
dade do cabo definida por:

$$y_{i-1} = 23 \text{ cm}$$

$$y_i = 8 \text{ cm}$$

$$y_{i+1} = 5 \text{ cm}$$

a-1) O valor correto de Q é

$$Q = P \operatorname{sen} \alpha = 20 \operatorname{sen} 17^{\circ}30' = 20 \cdot 0,3 = 6,0 \text{ t}$$

a-2) Substituindo o seno pelo valor exato da tangente ob
ter-se-ia:

$$Q = P \operatorname{sen} \alpha \approx P \operatorname{tg} \alpha = 20 \cdot 0,31529 = 6,36 \text{ t}$$

a-3) Aproximando o valor da tangente mediante a expressão
(8), obter-se-ia:

$$Q \approx P \operatorname{tg} \alpha \approx 20 \frac{20}{1420} (-0,5 \cdot 5 + 2 \cdot 8 - 1,5 \cdot 23) = 20 \cdot 0,2957 = 5,92 \text{ t}$$

a-4) Finalmente, utilizando-se o valor do seno obtido a
partir do valor aproximado da tangente dado pela (8), obter-se-ia:

$$Q = P \operatorname{sen} \alpha = P \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} \approx 20 \cdot 0,2835 = 5,67 \text{ t}$$

Como se disse, foi esta a alternativa adotada para todas
as seções, naturalmente com a (4) ou a (8), conforme o caso.

b) Supondo agora $P = 20 \text{ t}$, $\alpha = 29^{\circ}30'$, $l = 1420 \text{ cm}$ e

$$y_{i-1} = 90 \text{ cm}$$

$$y_i = 60 \text{ cm}$$

$$y_{i+1} = 50 \text{ cm}$$

b-1) O valor correto de Q é:

$$Q = P \operatorname{sen} \alpha = 20 \operatorname{sen} 29^{\circ}30' = 20 \cdot 0,4924 = 9,85 \text{ t}$$

b-2) Substituindo o seno pelo valor exato da tangente obter-se-ia:

$$Q = P \operatorname{sen} \alpha \cong P \operatorname{tg} \alpha = 20.0,6557 = 11,31 \text{ t}$$

b-3) Aproximando o valor da tangente mediante a expressão (8), obter-se-ia:

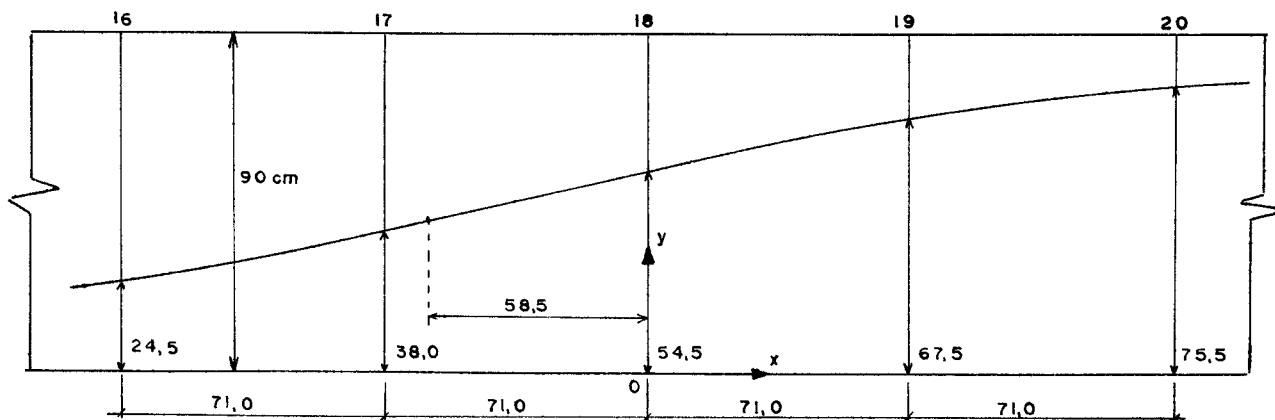
$$Q \cong P \operatorname{tg} \alpha \cong 20 \frac{20}{1420} (-0,5.50 + 2.60 - 1,5.90) = 20.0,5633 = 11,27 \text{ t}$$

b-4) Finalmente, utilizando-se o valor do seno obtido a partir do valor aproximado da tangente dada pela (8) obter-se-ia:

$$Q = P \operatorname{sen} \alpha = P \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = 20.0,4908 = 9,81 \text{ t}$$

Quando se calcula a tangente pela expressão (4) em uma seção em cuja vizinhança há um ponto de inflexão, o erro, em geral, ainda é pequeno.

Considere-se, por exemplo, o cabo 7 do 4º exemplo:



Tomando como origem dos eixos a seção 18, a curva de 3º grau que se adapta às ordenadas do cabo da seção 16 até a 20 é a seguinte:

$$y = - 0,00000128x^3 - 0,00022317x^2 + 0,20539906x + 54,5$$

O ponto de inflexão está a - 58,12 cm da origem e a tangente a este ponto é dada por:

$$\text{tg}\alpha = \frac{dy}{dx} = - 0,00000384x^2 - 0,00044634x + 0,20539906$$

$$\text{tg}\alpha = 0,2183691$$

$$\text{sen}\alpha = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{1+\text{tg}^2\alpha}} = \frac{0,2183691}{\sqrt{1+0,2183691^2}} = 0,2133417 \quad \therefore \alpha = 12,32^\circ$$

A tangente à curva na seção 17 é dada por:

$$\text{tg}\alpha = \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=-71} = 0,2177318$$

$$\text{sen}\alpha = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{1+\text{tg}^2\alpha}} = \frac{0,2177318}{\sqrt{1+0,2177318^2}} = 0,2127473 \quad \therefore \alpha = 12,28^\circ$$

A tangente à curva na seção 17 calculada pela expressão (4) vale :

$$\text{tg}\alpha = \frac{54,5 - 24,5}{142} = 0,2112676$$

$$\text{sen}\alpha = \frac{\text{tg}\alpha}{\sqrt{1+\text{tg}^2\alpha}} = \frac{0,2112676}{\sqrt{1+0,2112676^2}} = 0,2067049 \quad \therefore \alpha = 11,93^\circ$$

O erro será tanto menor quanto menor for a curvatura do cabo.

II.5.3 - Explicação do subprograma

Desenvolveu-se uma subrotina para o cálculo das forças cor tantes devidas à protensão, cujo nome é FOCO.

Tem os seguintes argumentos:

M, P, PP, L, Y, C, NN, QP, QCP, KT

O cálculo é feito para cada cabo, obtendo-se a força cor tante em cada seção.

Testa-se em cada seção se existe ou não cabo passando por ela; se não existir, a força cortante é nula e se existir, a força cortante é calculada de acordo com a teoria exposta no item anterior.

Também se faz nesta subrotina uma redefinição de índices através do contador KT que varia com o número de tramos da viga. Através de KT obtêm-se o índice que dá o número da seção. Este índice é representado por JT.

O teste da existência ou não de cabo passando por uma se ção evidencia também a mudança de tramos, isto é, testa-se em cada seção, quan do a última seção de cada tramo for testada, automaticamente o cálculo da for ça cortante passa a ser feito pelo processo apresentado no parágrafo II.5.2.2, do item anterior. O mesmo acontece para a primeira seção do primeiro tramo em que começa um cabo.

Através desta subrotina calculam-se a tangente (ANG) e o seno (SANG) do ângulo de inclinação de cada cabo em cada seção e finalmente as forças cortantes considerando a força de protensão com as perdas por atrito (QCP) e as forças cortantes com a força de protensão inicial (QP).

No programa principal são somadas as forças cortantes de todos os cabos, resultando a força cortante total em cada seção.

A chamada da subrotina esta dentro de um DO que faz automa ticamente a mudança de tramos.

Os DIMENSION a serem alterados caso mude o número de tra mos ou de cabos são:

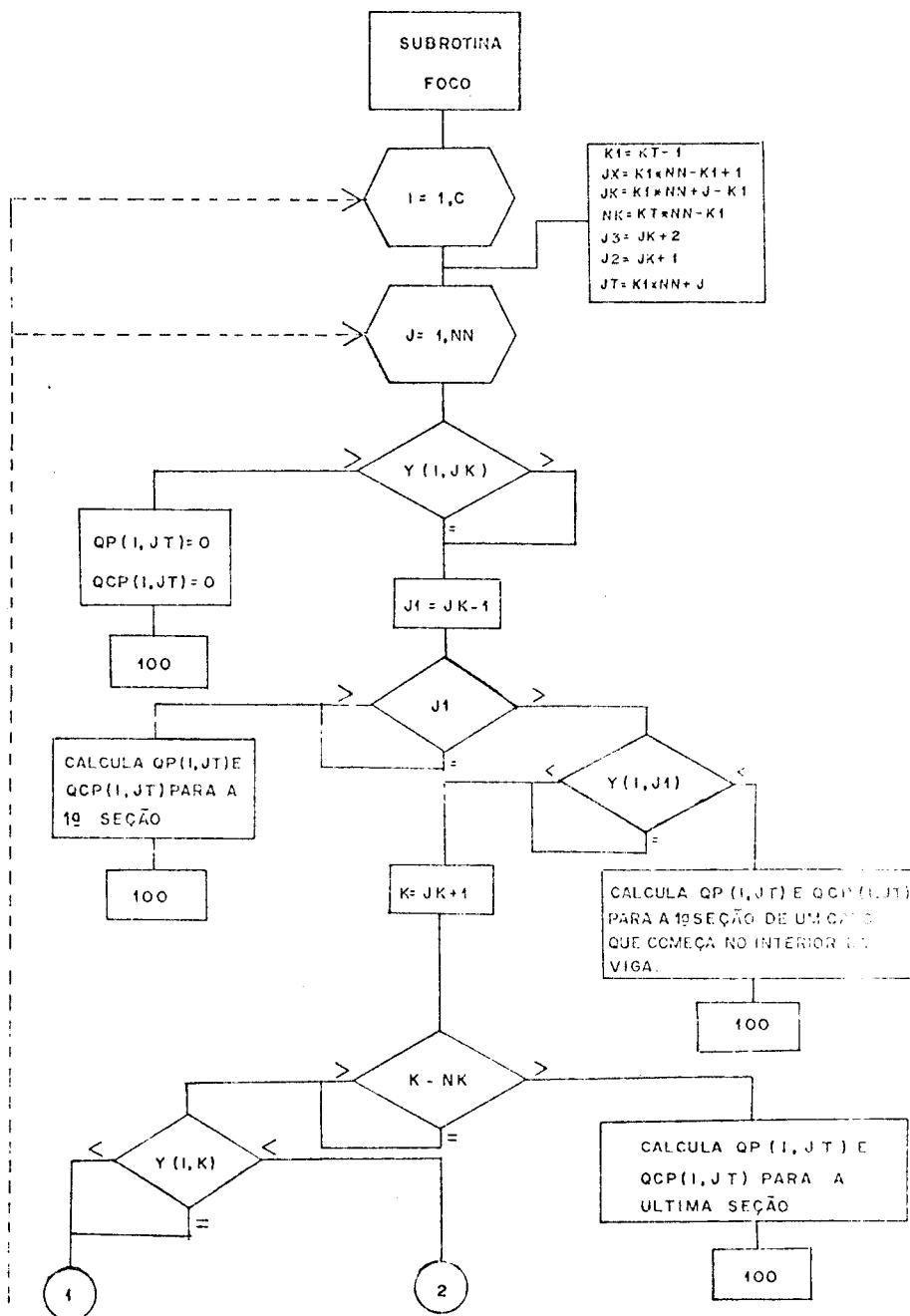
Y(I,J); PP(I,J); QP(I,N); QCP(I,N) onde:

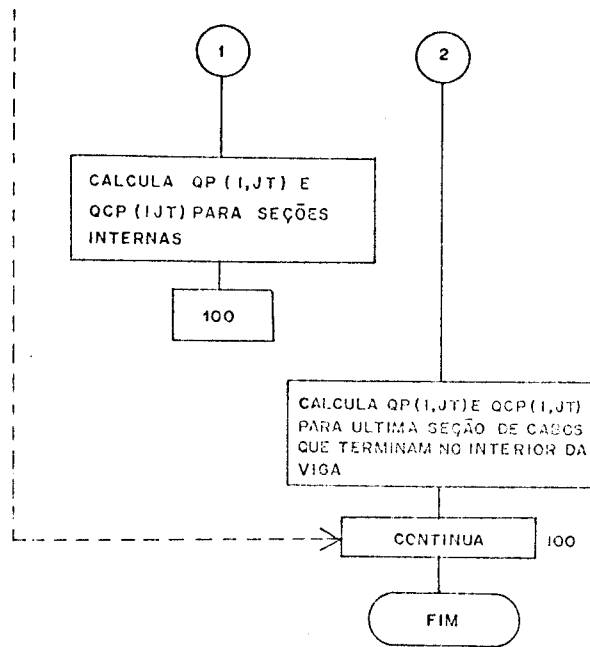
I = número de cabo

J = número de seções em que foi dividida a viga

N = J + uma vez cada apoio interno.

II.5.4 - Diagrama de Blocos





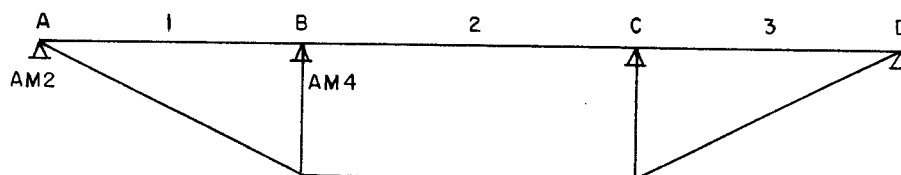
II.6 - Forças cortantes hiperestáticas da protensão

II.6.1 - Formulário

As forças cortantes hiperestáticas em cada tramo são calculadas a partir dos momentos hiperestáticos, conhecidos nas extremidades de cada tramo.

Os momentos hiperestáticos tem uma variação linear; para vigas simétricas, nos vãos internos, o momento hiperestático é constante ao longo de todo o vão, portanto, a força cortante será constante ao longo dos vãos em que o momento hiperestático varia linearmente e será nula ao longo dos tramos em que o momento hiperestático for constante.

Considere-se uma viga de três tramos simétrica cujo diagrama de momentos hiperestáticos é representado na figura abaixo



Sendo:

AM2 = momento hiperestático à esquerda do vão 1

AM4 = momento hiperestático à direita do vão 1

Essa notação para o tramo (1) vale para os tramos (2) e (3) sendo sempre AM2 o momento hiperestático a esquerda do vão considerado e AM4 o momento hiperestático a direita do mesmo vão.

Portanto, a força cortante em cada seção será

$$QH = \frac{AM4 - AM2}{l}$$

sendo l o vão de cada tramo considerado .

II.6.2 - Explicação do subprograma

A subrotina que faz o cálculo dessas forças cortantes é a COPO que apresenta os seguintes argumentos:

NN, L, AM4, AM2, QH, I

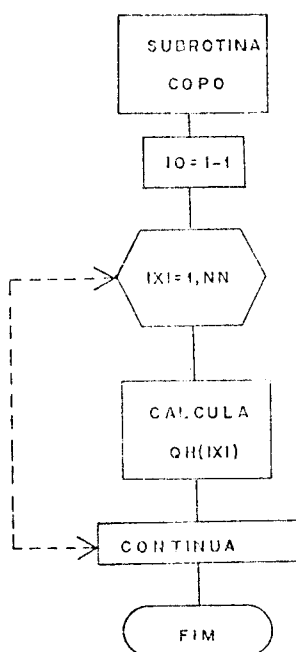
Neste caso, também se usa um contador (I) para se redefinir índices. De maneira análoga aos casos anteriores, este contador varia com o número de tramos da viga.

O índice redefinido (JXI) representa o número de seções em que foi dividida a viga mais uma vez cada seção sobre cada apoio interno, porque, em cada apoio interno tem-se força cortante a esquerda e a direita do apoio.

A chamada também está dentro de um DO que varia com o número de tramos da viga e nunca deve ser alterada.

O DIMENSION desta subrotina não precisa ser alterado, qualquer que seja a viga analisada.

II.6.3 - Diagrama de Blocos



II.7 - Perdas por Atrito

II.7.1 - Formulário

A perda da força de protensão ao longo do cabo é dada pela fórmula de Euler, cujo desenvolvimento pode ser visto, por exemplo, em T.Y.Lin (pg. 107).

Tal expressão é adotada também pelo C.E.B.(R.21321), sendo expressa por :

$$P = P_0 e^{-f\theta - f'l}$$

sendo :

P_0 = força de protensão na seção anterior

f = coeficiente de atrito da curva

f' = coeficiente de atrito independente da curvatura

θ = desvio angular em cada vigésimo de vão

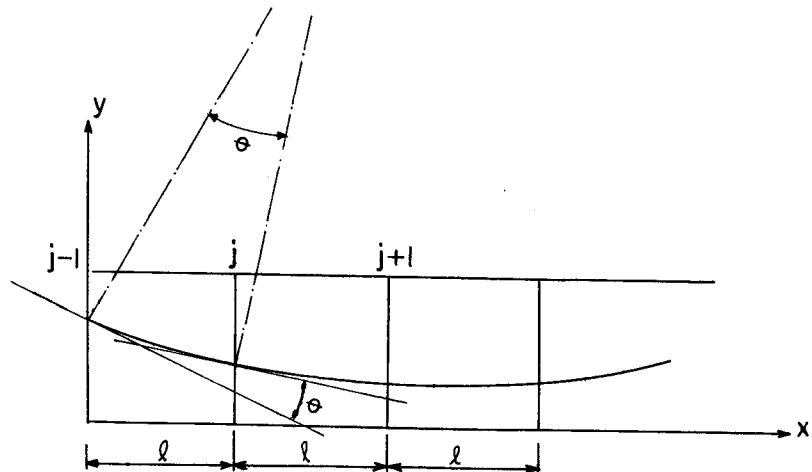
l = comprimento de cada vigésimo de vão

Os valores de f e f' foram adotados como 0,3 e 0,003 respectivamente, podendo ser mudados, caso se queira adotar outros valores.

O P-NB-116 indica para os coeficientes de atrito f e f' os valores de 0,3 e 0,004 respectivamente, enquanto que Rudloff acha aceitáveis esses valores para cabos de $12\phi 5\text{mm}$, mas para cabos de $12\phi 7\text{mm}$ indica para f valores de 0,20 a 0,25 e para f' o valor 0,002. Deve-se observar, porém, que esses valores diferem dos indicados pelo C.E.B.. Estes levam em conta a disposição das armaduras na bainha, o estado da superfície das armaduras, a natureza dos aços que constituem as armaduras e o diâmetro das bainhas.

Para se calcular o ângulo θ devem ser feitas três suposições :

II.7.1.1 - Seção inicial ou final



A perda a ser calculada é no trecho (j - 1) - j.

Tem-se que calcular as tangentes ao cabo nas seções j-1 e j. Essas tangentes são calculadas pelo mesmo processo usado no item II.5.

Sendo y as cotas dos cabos em cada seção relativamente ao eixo x tem-se:

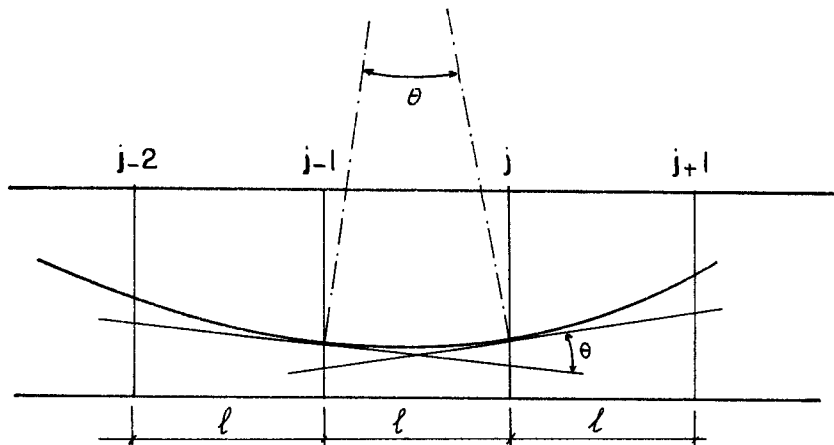
Para a seção (j - 1):

$$\operatorname{tg}\theta_1 = -\frac{10}{\ell}(y_{j+1} - 4y_j + 3y_{j-1})$$

Para a seção j:

$$\operatorname{tg}\theta_2 = -\frac{10}{\ell}(y_{j-1} - y_{j+1})$$

II.7.1.2 - Seção interna



A seção estudada é a (j).

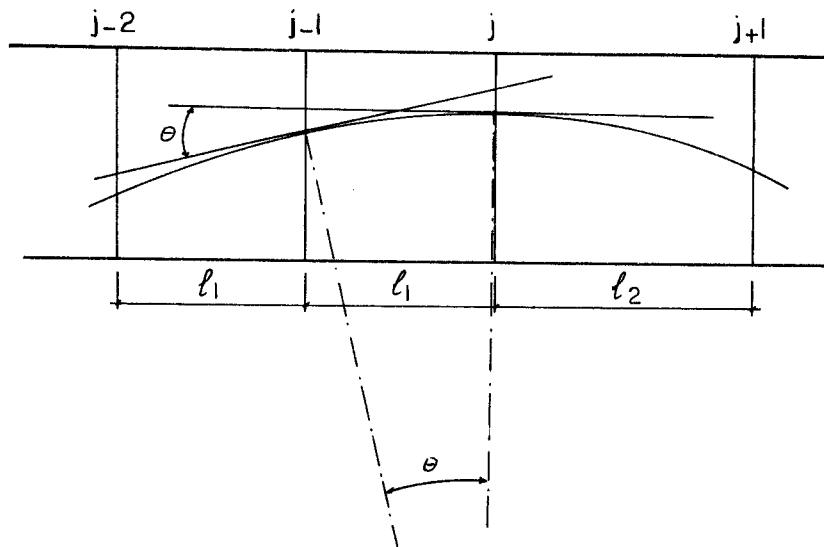
Para a seção (j-1):

$$\operatorname{tg}\theta_1 = \frac{10}{\ell}(y_{j-2} - y_j)$$

Para a seção (j):

$$\operatorname{tg}\theta_2 = \frac{10}{\ell}(y_{j-1} - y_{j+1})$$

II.7.1.3 - Seção de apoio interno



A seção de apoio é a (j).

Para a seção (j - 1):

$$\operatorname{tg}\theta_1 = \frac{10}{l}(y_{j-2} - y_j)$$

Para a seção (j):

$$\operatorname{tg}\theta_2 = \frac{20}{l_1 + l_2}(y_{j-1} - y_{j+1})$$

O ângulo θ será dado por:

$$\theta = | \operatorname{arctg}\theta_1 - \operatorname{arctg}\theta_2 |$$

Tendo-se calculado θ , determinam-se as perdas para cada cabo em cada seção e, finalmente, calculam-se as forças de protensão para cada cabo em cada seção.

II.7.2 - Explicação do subprograma

Para se calcular as forças de protensão para cada cabo em cada seção descontando as perdas por atrito, foram feitas duas subrotinas : ATRIT e FORPE.

Na subrotina ATRIT é calculada em cada seção a expressão $e^{-f\theta - f'l}$, representada na programação pela matriz PERDA (I,J). O cálculo é feito para cada cabo, testando-se em cada seção a ordenada do cabo para se saber se é uma seção inicial, final ou intermediária, calculando-se para cada um desses casos a expressão acima, de acordo com o item anterior.

Essa subrotina tem como argumentos fictícios:

M, NN, C, Y, LA, LB, PERDA, k

Os argumentos LA e LB representam comprimentos dos tramos e k é um contador que varia de 1 a 4.

A chamada dessa subrotina é feita quatro vezes, sendo que nas três primeiras é feito o cálculo para todas as seções exceto a última que é feito na última chamada.

Se se mudar o número de tramos ou cabos da viga devem-se alterar os DIMENSION de: Y(I,J) e PERDA(I,J) sendo:

I = número de cabos

J = número de seções em que foi dividida a viga

Na subrotina FORPE são calculadas as forças de protensão descontando-se as perdas já calculadas pela ATRIT.

O cálculo é feito também para cada cabo testando-se inicialmente se ele é tracionado por uma extremidade e ancorado na outra ou se é tracionado por ambas extremidades.

Se for tracionado apenas por uma extremidade, o cálculo é feito segundo T.Y.Lin(pg.110) e se for tracionado pelas duas extremidades, acha-se automaticamente o ponto onde a perda é máxima, calculando-se a força de protensão até esse ponto pelo mesmo critério, sendo que, a partir desse ponto, a força de protensão passa a aumentar de valor até atingir o valor inicial na outra extremidade do cabo.

A chamada da subrotina FORPE é feita apenas uma vez e tem como argumentos fictícios:

C, IV, PERDA, P, ITEST, PP

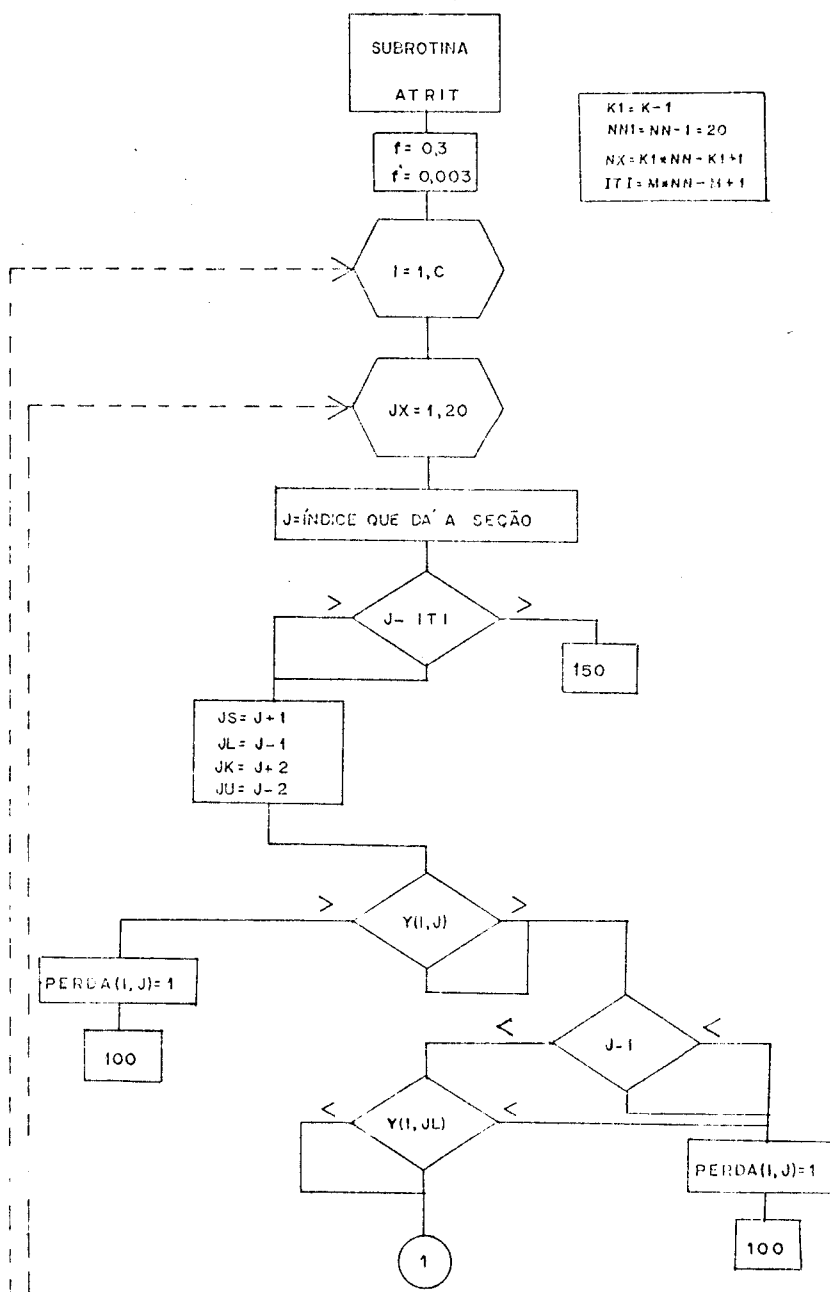
Os DIMENSION a serem alterados caso se mudem os números de cabos e tramos da viga são das matrizes PERDA (I,J), PP (I,J), PERTO(I,J) e P (I).

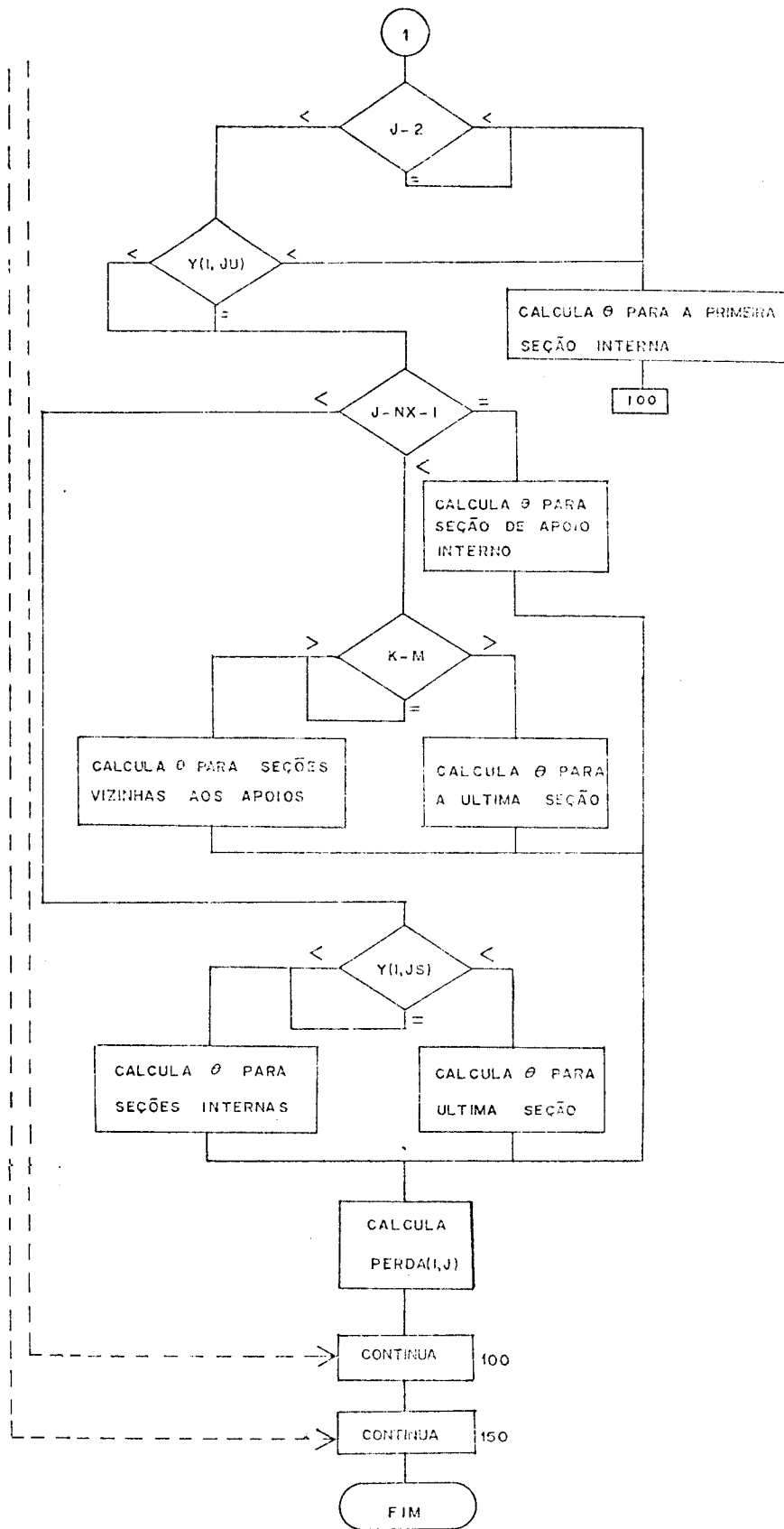
I = número de cabos

J = número de seções em que foi dividida a viga

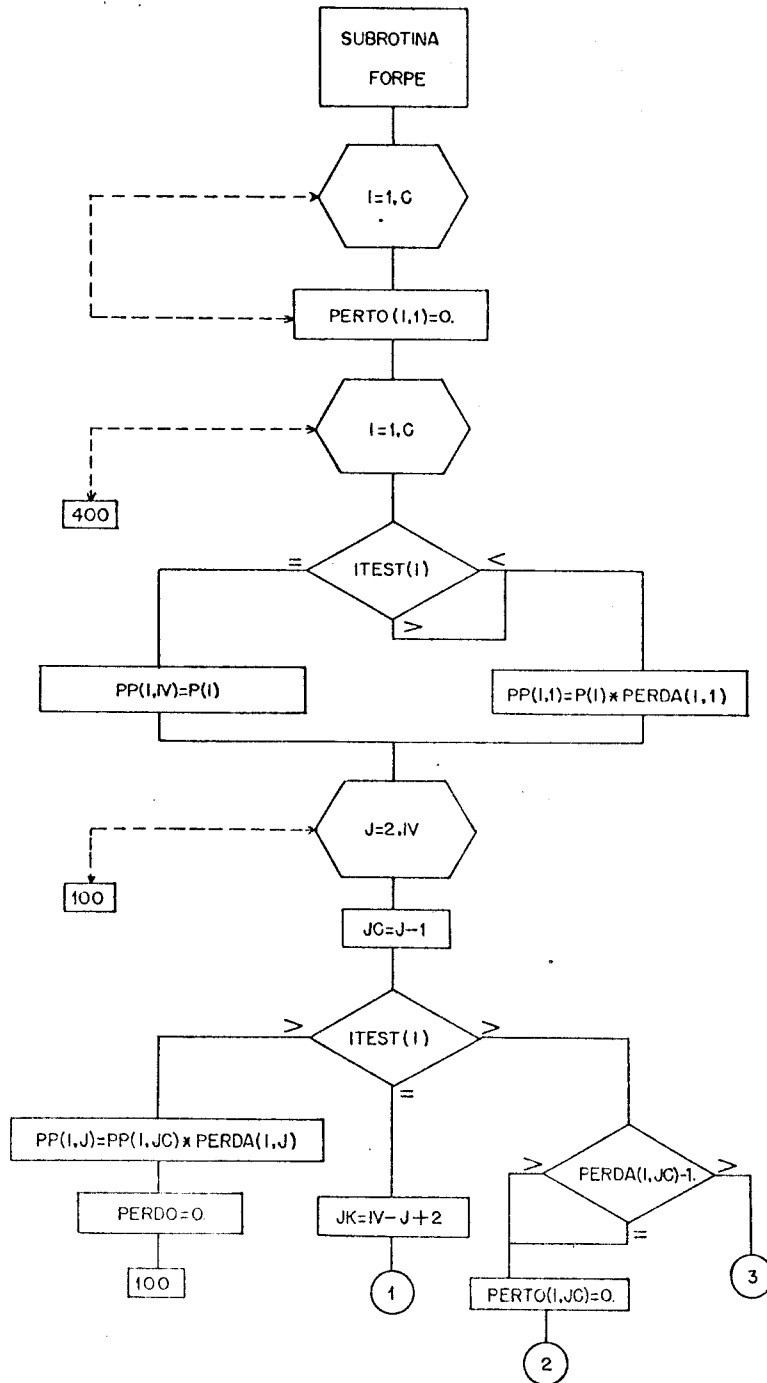
As chamadas dessas subrotinas não precisam ser alteradas , sendo válidas para vigas com quaisquer números de cabos e tramos.

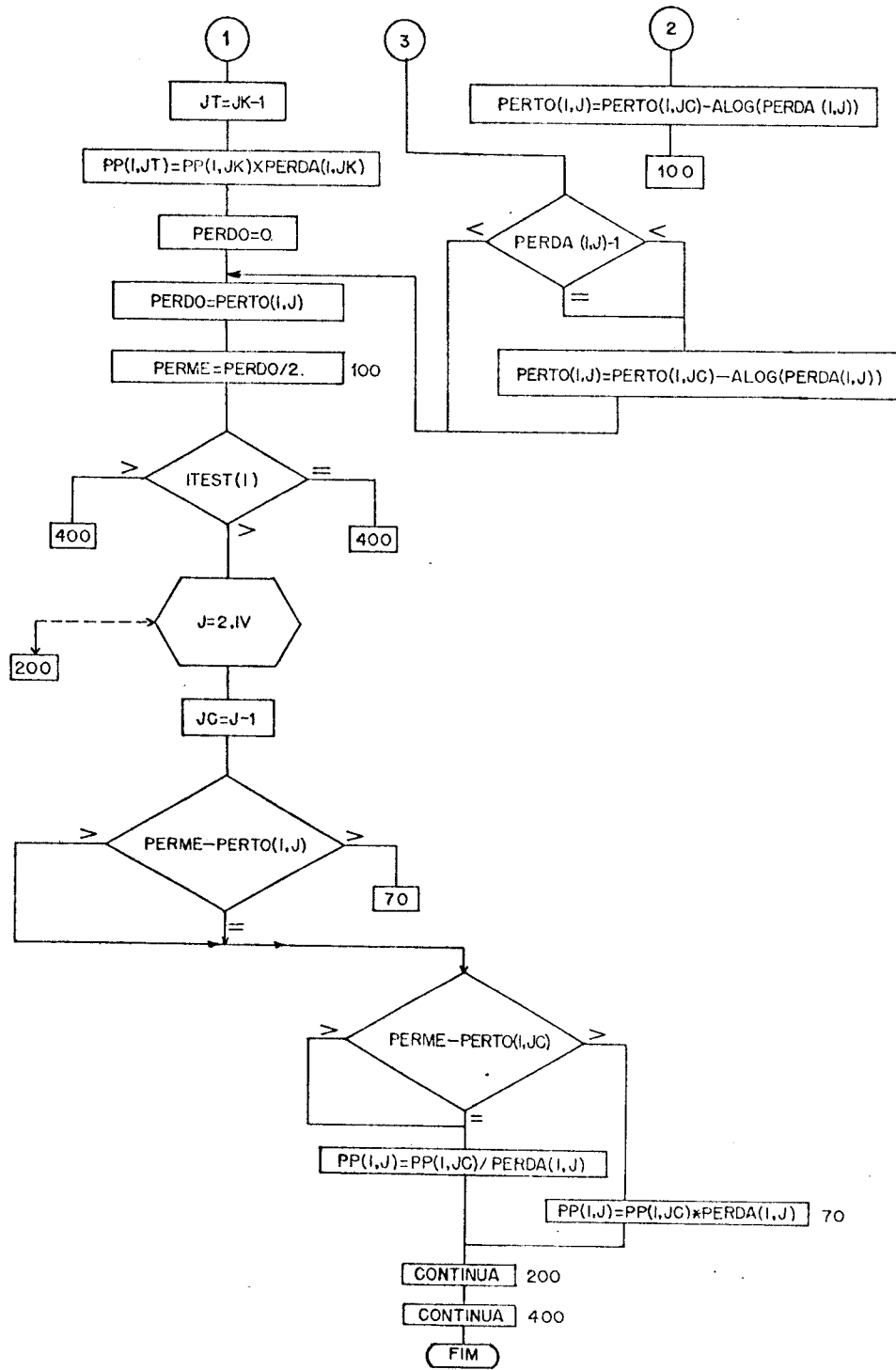
II.7.3.1 - Diagrama de Blocos





II.7.3.2 - Diagrama de Blocos





III - VERIFICAÇÃO DAS SEÇÕES:

III.1 - Verificação das tensões nas bordas das seções

III.1.1 - Teoria

As condições que devem ser satisfeitas pelas tensões nas bordas das seções estão contidas no P-NB-116 nos seguintes itens:

"5.3.2 - Tensões para o estado previsto nos itens 3.1.2 e 3.1.3:

$$\text{Máxima: } -\bar{\sigma}_c \leq \frac{\sigma_R}{2}$$

$$\text{Mínima: com protensão completa } \bar{\sigma}_c \leq 0$$

$$\text{com protensão limitada } \bar{\sigma}_c \leq 2\sigma_T "$$

No item 4.1.2, segundo parágrafo:

"Deve também ser feita a verificação das tensões com a consideração apenas da carga permanente (excluídos portanto as cargas acidentais e os outros agentes externos) após as perdas de protensão, devendo ser obedecidas as condições impostas para protensão completa.

Nas pontes rodoviárias e vigas de pontes rolantes não se repermitem tensões de tração sob a ação da metade das cargas acidentais a crescidas do impacto, além das combinações acima citadas."

O valor de σ_T adotado foi:

$$\sigma_T = 0,06\sigma_R + 7 \text{ kg/cm}^2 \quad (\sigma_R > 180 \text{ kg/cm}^2)$$

III.1.2 - Explicação do subprograma

Estas verificações são feitas pela subrotina TENSA cujos argumentos são:

IV, SIGR, TEBS, TEBI, SIGT, k

TEBS e TEBI são argumentos fictícios que correspondem às tensões nas bordas superior e inferior respectivamente das seções.

As tensões são calculadas no programa principal na seguinte ordem.

No comando 9500 são calculadas as tensões devidas à protensão e à carga permanente, sem as cargas móveis.

A seguir é feita a verificação dessas tensões através da subrotina TENSA (com k=1), obedecendo ao item 4.1.2 do P-NB-116.

No comando 9503 são calculadas as tensões devidas à protensão, às cargas permanentes e metade das cargas acidentais conforme item 4.1.2 .

Em seguida é feita a verificação dessas tensões (com k=2) através da subrotina TENSA.

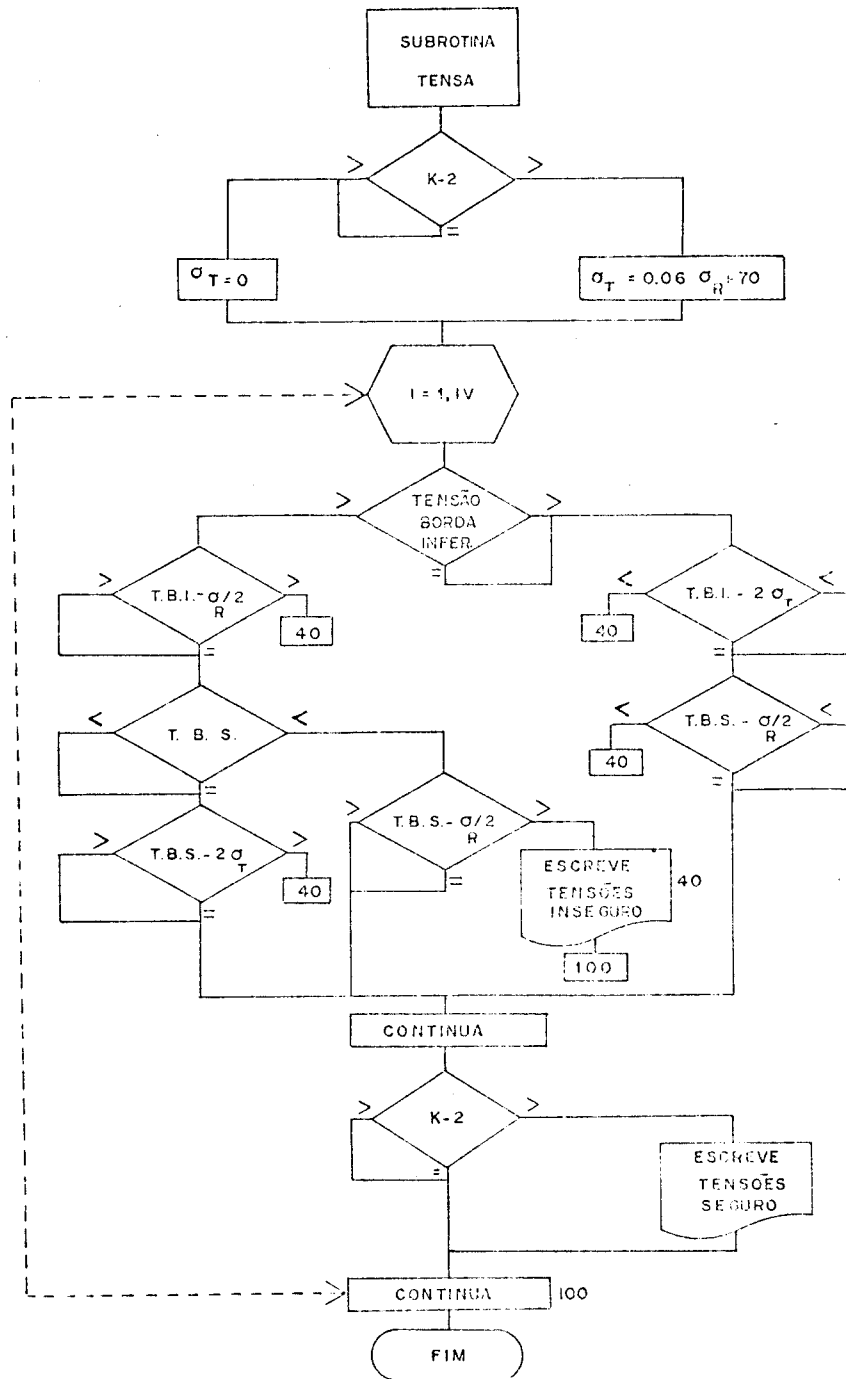
Finalmente, no comando 2020, são calculadas as tensões devidas a todas as cargas atuantes em serviço.

Segue-se a verificação dessas tensões através da subrotina TENSA (com k=3) de acordo com o item 5.3.2 do P-NB-116.

Deve-se observar que nos três casos foi mantida a mesma notação para as tensões apenas por economia de memória.

As três chamadas da subrotina são invariáveis, não devendo ser mudadas para qualquer viga analisada com quaisquer números de tramos ou cabos.

III.1.3 - Diagrama de Blocos



III.2 - Verificação à fissuração e armadura suplementar

III.2.1 - Teoria

III.2.1.1 - Prescrições do P-NB-116

O P-NB-116 prescreve:

"4.1.3 - Nos elementos com protensão limitada, deverá haver armadura de tração calculada para a hipótese de ser nula a resistência à tração do concreto. No caso de concreto protendido sem aderência será considerada para esse fim apenas a armadura suplementar. As tensões em serviço da armadura suplementar, assim como o acréscimo de tensão da armadura de protensão aderente não deverão ultrapassar os limites indicados nos itens 5.4 e 5.5".

"Quando não for realizado cálculo mais rigoroso, no estágio II, permite-se considerar a força de tração como sendo a resultante das tensões de tração no concreto calculadas no estágio I, sem armadura".

"O cálculo no estágio II deverá ser feito com os módulos de elasticidade indicados no item 2.6, considerando-se os esforços solicitantes de finidos em 5.2 e as forças de protensão."

"4.1.3.1 - A distribuição da armadura a que se refere o item 4.1.3 deverá obedecer, com o objetivo de limitar a fissuração, à condição seguinte:

$$\frac{S_e}{u_t} < \frac{\alpha}{\bar{\sigma}_f(0,4 + 4,5\mu_e)}$$

onde $\alpha = 16.000$ kg/cm para barras com mossas ou saliências e bainhas corrugadas e $\alpha = 10.000$ kg/cm para barras ou bainhas lisas."

"A armadura de tração deverá distribuir-se convenientemente por toda a altura da zona tracionada, calculada no estágio I."

"5.4 - Na armadura de protensão deverá ser verificado para o estado previsto no item 3.1.1

$$\sigma_a \leq \begin{cases} 0,75\sigma_{aT} \\ 0,90\sigma_{ae} \end{cases}$$

para o estado previsto nos itens 3.1.2 e 3.1.3

$$\sigma_a \leq \begin{cases} 0,67\sigma_{aT} \\ 0,80\sigma_{ae} \end{cases}$$

sendo que σ_a causado pela flexão não deve ultrapassar 2.200 kg/cm^2 ."

"5.5 - Na armadura suplementar:

$$\bar{\sigma}_f \leq \begin{cases} 1500 \text{ kg/cm}^2 \\ 1800 \text{ kg/cm}^2 \\ 2200 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} \quad \text{conforme o aço}$$

"2.6 - Módulos de elasticidade devem ser calculados por:

$$E_c = 500 (\sigma_R + 400) \text{ kg/cm}^2$$

$$E_a = 2100000 \text{ kg/cm}^2 \text{ "}$$

"O item 3.2 combinado com 5.1.1 prevê que os esforços sol^{ci}citantes da carga móvel sejam multiplicados por 1,20 ".

III.2.1.2 - Considerações Gerais

As peças de concreto protendido que satisfazem as condições de protensão limitada ou fissuram em serviço ou ficam próximas da fissuração, e então se admite $\alpha_T = 0$ (item 4.1.3) e se calcula armadura capaz de suportar todas as tensões de tração.

Com respeito à armadura, pode-se ter somente armadura de protensão (S_a) ou armadura de protensão mais armadura suplementar ($S_a + S_f$).

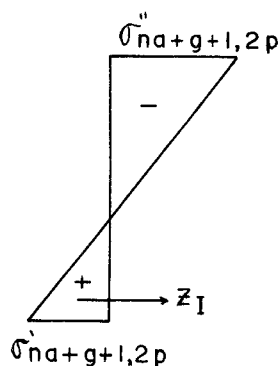
Em serviço a fissuração provoca um acréscimo de tensão na armadura, $\Delta\sigma_a$ para S_a ou $\Delta\sigma_a = \sigma_f$ para $S_a + S_f$.

Esses acréscimos de tensões não devem ultrapassar certos limites, sob pena de comprometimento das armaduras; além disso, S_a não pode ficar sujeita a uma tensão σ_a que é a tensão por ocasião da fissuração mais $\Delta\sigma_a$ que ultrapasse os limites do item 5.4, pela mesma razão.

Para se efetuar essas verificações, o P-NB-116 admite por simplicidade, que se calcule a resultante Z_I das tensões de tração no Estádio I (melhor dito I_a).

A situação real no início da fissuração seria a do estágio I_b , entrando-se a seguir no estágio II, se efetivamente se der a fissuração (mas sempre com zona tracionada resistente, perto da linha neutra). Em resumo, calculam-se as tensões no estágio I_a , (regime elástico, linear, concreto resistindo à tração) com as cargas de serviço (multiplicados os efeitos da carga móvel por 1,20), podendo-se desprezar a presença da armadura (item 4.1.3).

Ter-se-á então:



Com Z_I obtido do esquema acima são feitas as diversas verificações.

III.2.1.2.1 - Verificação da suficiência de S_a quanto à resistência

A armadura S_a está sujeita, no início da fissuração a:

$$\sigma_a = \sigma_{a,na} + n_a \left| \sigma_{na} \right| = \frac{P}{S_a} + n_a \left| \sigma_{na} \right| \quad (1)$$

Sob a ação de Z_I , essa tensão sofre um incremento:

$$\Delta\sigma_a = \frac{Z_I}{S_a}$$

Para evitar armadura suplementar, deve ser:

$$\Delta\sigma_a < \begin{cases} 1500 \text{ kg/cm}^2 & (\text{CA-24}) \\ 1800 \text{ kg/cm}^2 & (\text{CA-32}) \\ 2200 \text{ kg/cm}^2 & (\text{CA-40A, CA-50A}) \end{cases} \quad (2)$$

$$\sigma'_a + \Delta\sigma_a < \begin{cases} 0,67 \sigma_{aT} \\ 0,80 \sigma_{ae} \end{cases} \quad (3)$$

A condição (3) vem do fato que as verificações são feitas para os estados previstos nos itens 3.1.2 e 3.1.3 do P-NB-116.

Se as condições (2) e (3) forem satisfeitas, conclui-se que a armadura de protensão existente é suficiente para absorver a resultante das trações atuantes, em serviço, nessa peça sujeita a protensão limitada.

Todavia deve-se verificar, se aos fios ou às bainhas dos cabos corresponde fissuração aceitável, o que se faz do modo seguinte:

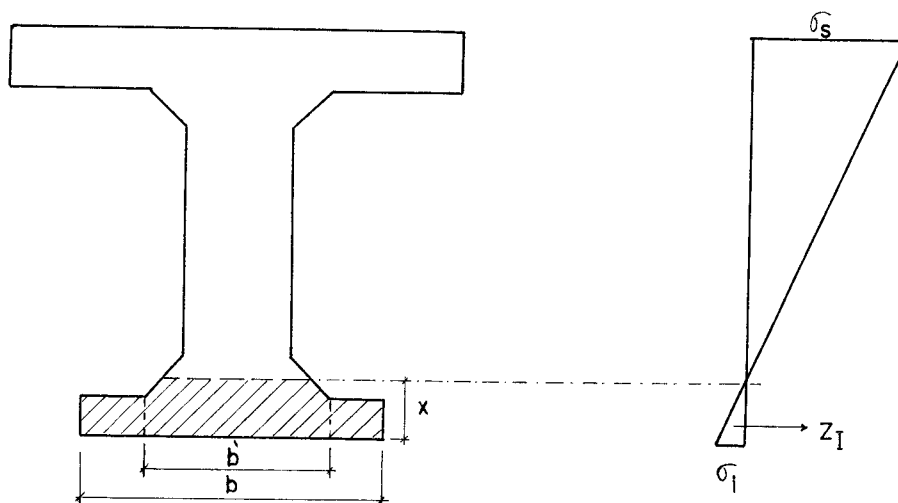
$$\frac{S_e}{u_t} < \frac{\alpha}{\bar{\sigma}_f(0,4 + 4,5\mu_e)} \quad (4)$$

caso de armadura com aderência inicial, onde:

S_e = área da "seção de envolvimento da armadura"; por definição, seu baricentro coincide com o da armadura, e se estende até a borda traçionada e até as faces laterais da zona de tração.

Para vigas de seção duplo T com laje inferior não há um critério que defina com clareza, qual a seção de envolvimento que se deva adotar.

Para maior clareza considere-se a seção duplo T que se segue:



Se se tomar para S_e o valor da área do retângulo de dimensões b e x ter-se-á uma "seção de envolvimento", que, na realidade, não estará representando as condições de fissuração existentes na viga, uma vez que as fissuras são maiores nas proximidades dos cabos, diminuindo a medida que deles se afastam .

Adotou-se, portanto, como "seção de envolvimento" o retângulo determinado pela altura x e largura b' que está mostrada na figura, com a intenção de se aproximar mais das condições reais de fissuração.

u_t = soma dos perímetros dos fios

$\bar{\sigma}_f = \Delta\sigma_a$ = variação de tensão nos fios de protensão (deve respeitar (2) e (3) acima)

$$\mu_e = \frac{S_e}{S_t}$$

S_t = área total dos fios de protensão.

Se não se verificar a condição (4) deverá ser colocada armadura suplementar apenas para aumentar o perímetro das armaduras, a fim de diminuir o parâmetro S_e/u_t que é adotado pelo P-NB-116(item 4.1.3.1) como indicador da fissuração.

III.2.1.2.2 - A armadura S_a é insuficiente para resistir a Z_I ; determinação da armadura suplementar

Se as (2) e (3) do item III.2.1.2.1 não foram satisfeitas, conclui-se pela necessidade de colocação de armadura suplementar, tendo em vista a absorção de Z_I , anteriormente a qualquer verificação quanto à fissuração.

Dever-se-á então dispor S_f tal que:

$$\frac{Z_I}{S_a + S_f} = \Delta\sigma_a = \sigma_f \leq \bar{\sigma}_f \quad \left\{ \begin{array}{l} 1500 \text{ kg/cm}^2 \\ 1800 \text{ kg/cm}^2 \\ 2200 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right. \quad (5)$$

Em outras palavras é pelo menos necessário, quanto à resistência, uma armadura suplementar:

$$S_f \text{ mínima} = \frac{Z_I}{\bar{\sigma}_f} - S_a \quad (6)$$

Adotado um certo $S_f > S_f \text{ mínimo}$ e calculado o correspondente $\sigma_f = \Delta\sigma_a$ com a (5), é preciso verificar que, com esse $\Delta\sigma_a$, a tensão resultante $\sigma'_a + \Delta\sigma_a$ na armadura de protensão seja aceitável; deve satisfazer a(3), sendo certo que a (2) já esta satisfeita, em virtude da (5).

Resolvido o problema da resistência a Z_I , resta analogamente ao item III.2.1.2.1 verificar se às características de $S_a + S_f$ corresponde fissuração aceitável, como se viu para o item III.2.1.2.1.

III.2.1.2.3 - Limitação da fissuração quando S_a é suficiente, no caso de armadura de protensão com aderência posterior

A verificação à fissuração poderá evidenciar:

$$\frac{S_e}{u_{ta}} > \frac{\alpha}{\Delta\sigma_a (0,4 + 4,5\mu_e)}$$

Obrigando a adoção de armadura suplementar desnecessária do ponto de vista de resistência a Z_I .

A redução do parâmetro S_e/u_{ta} se faz introduzindo armadura suplementar caracterizada por $\bar{\sigma}_f$ (1500, 1800 ou 2200 kg/cm²), a rigor deveria ser determinado novo $\Delta\sigma_a$, com a (5) do item III.2.1.2.2 e por u_{tf} e S_f a determinar. Ter-se-á:

$$u_t = u_{ta} + u_{tf} \quad (u_{ta} \text{ a determinar})$$

$$S_t = S_a + S_f \quad (S_f \text{ a determinar})$$

sendo:

$$u_{tf} = \text{perímetro das barras de } S_f$$

$$u_{ta} = \text{perímetro das bainhas ou dos fios de protensão}$$

Determina-se S_e e procede-se por tentativas para se determinar S_f e, portanto, $S_t = S_a + S_f$.

Daí:

$$\mu_e = \frac{S_t}{S_e}$$

Com o valor de μ_e determina-se o parâmetro α_1 com:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha}{\Delta\sigma_a (0,4 + 4,5\mu_e)}$$

Devendo ser:

$$\frac{S_e}{u_t} = \frac{S_e}{u_{ta} + u_{tf}} \alpha_1$$

Dessa expressão vem:

$$u_{tf} > \frac{S_e}{\alpha_1} - u_{ta}$$

Tendo-se o diâmetro δ das barras da armadura suplementar (usualmente iguais) vem:

$$\delta = \frac{4S_f}{u_{tf}}$$

E portanto

$$\delta < \frac{4S_f}{\frac{S_e}{\alpha_1} - u_{ta}}$$

Em conclusão, o que se faz, é limitar o diâmetro da armadura suplementar.

III.2.1.2.4 - Limitação da fissuração quando S_a é insuficiente (S_f já existe para colaborar diante de Z_T), no caso de aderência posterior

Procede-se análogamente ao final do item III.2.1.3.3 lembrando porém, que S_f já tem valor mínimo determinado por (5) e (3).

III.2.2 - Explicação do subprograma

A verificação de fissuração e o cálculo da armadura suplementar são feitos numa subrotina denominada FISAS.

Os argumentos desta subrotina são:

(B1, B3, B6, DH1, DH3, DH6, L1, L2, SAT, ESFN, ESFH, DELTA SIGT, ALFA, W, E, EA, PF, IV, C, SF, TBICO, XH, CT, SIGAT, SIGAE, SIGF, DIA)

Inicialmente testa-se a tensão em uma das bordas da seção (TBICO). Se for de tração são feitas as verificações e calculada a eventual armadura suplementar, se for de compressão as verificações não são necessárias e a armadura suplementar (SF) é nula. Esta verificação é feita para todas as seções da viga.

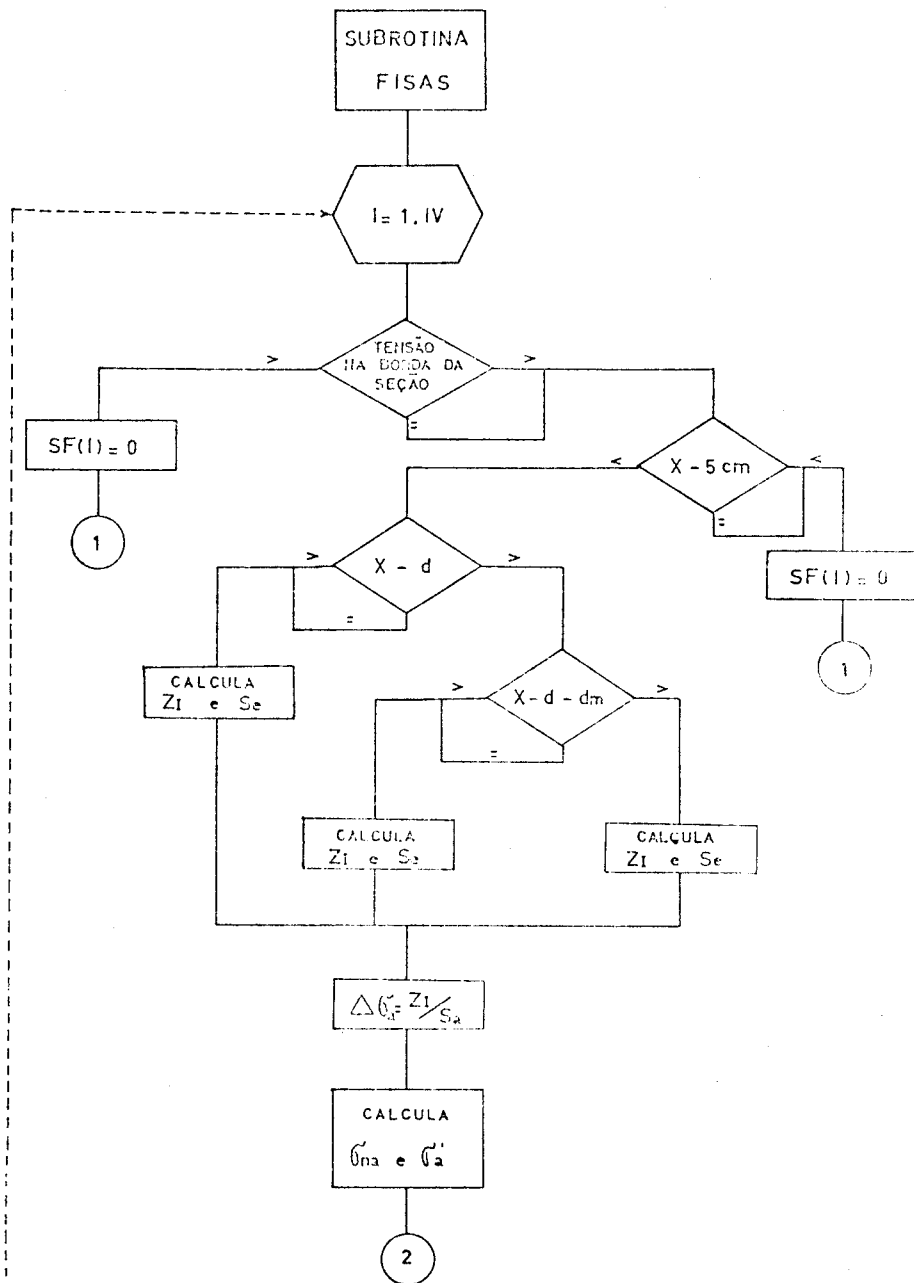
A área de envolvimento (S_e) na programação recebeu o nome de ARENV podendo ser alterada caso o projetista queira adotar outro valor diferente do que consta no programa.

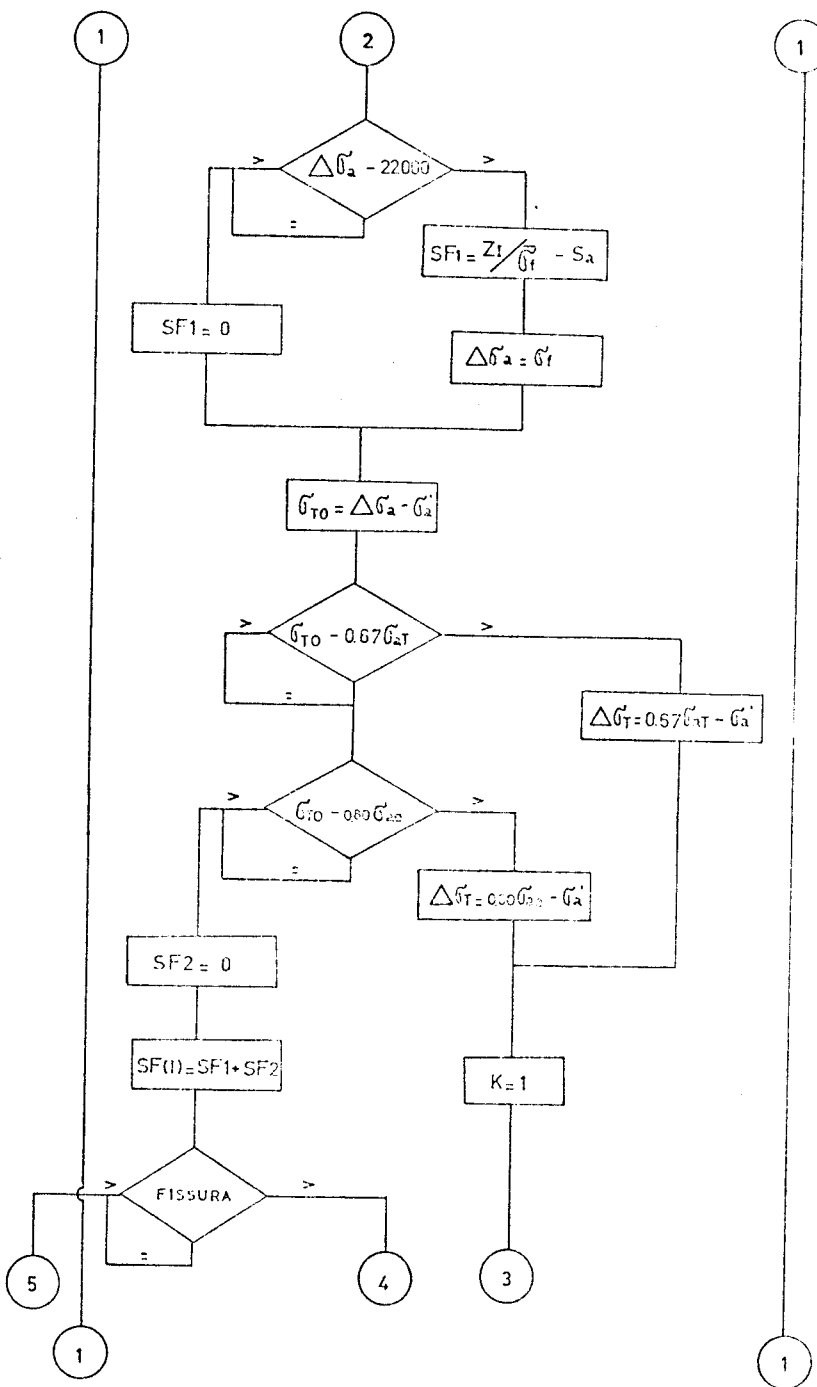
A subrotina FISAS é chamada quatro vezes no programa principal não devendo ser alterada caso mude o número de tramos ou cabos.

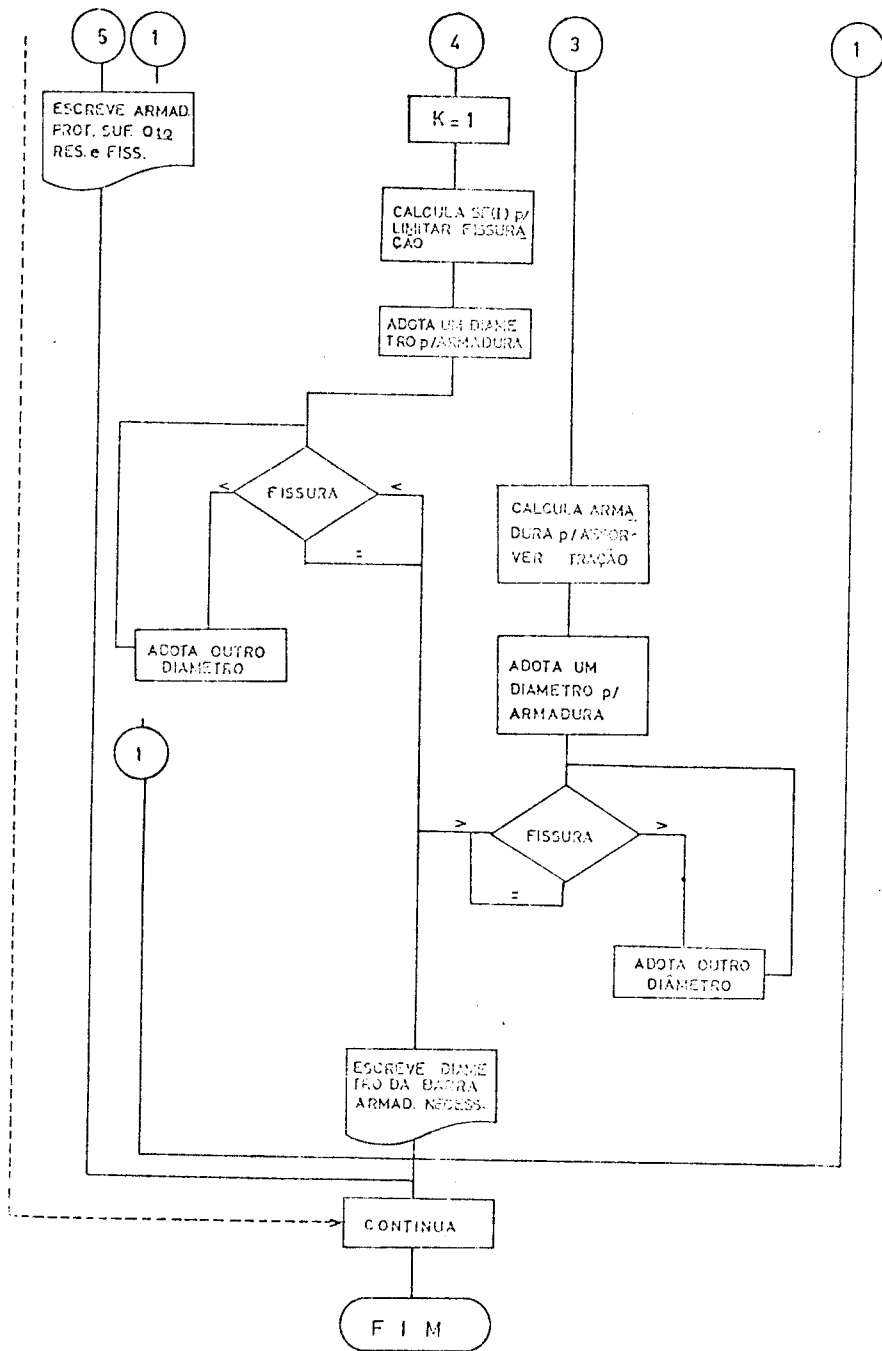
Cada chamada corresponde à tensão em cada borda uma vez com M_p^+ outra com M_p^- .

Os DIMENSION desta subrotina não precisam ser alterados.

III.2.3 - Diagrama de Blocos



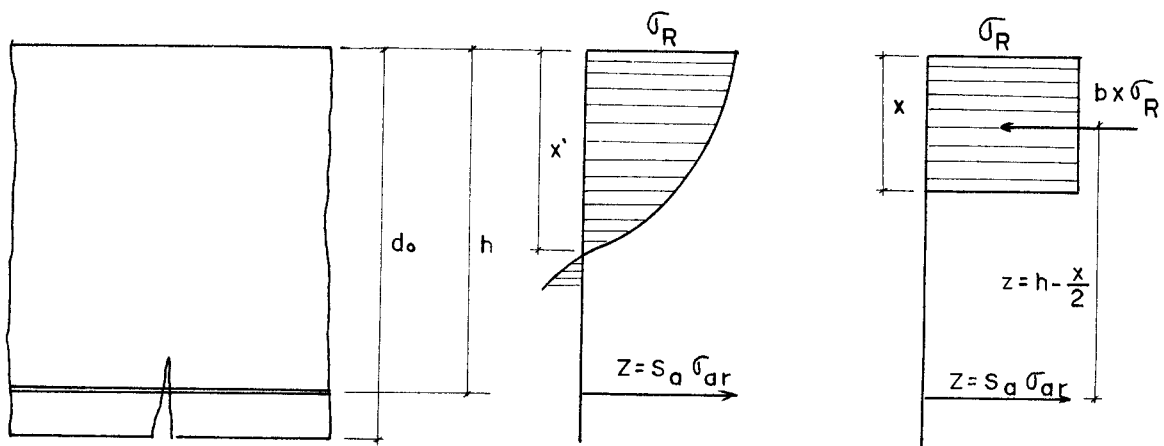




III.3 - Verificação à ruptura por flexão

III.3.1 - Teoria

A situação de ruptura pode ser esquematizada já com a simplificação permitida pelo P-NB-116 para o Estádio III conforme figura que se segue.



$$\text{sendo: } x = \frac{2}{3} x'$$

b = largura da seção retangular ou largura da mesa de compressão no caso de vigas T.

σ_{ar} = tensão na armadura de protensão, por ocasião da ruptura

O P-NB-116 no item 4.2.1.1 supõe que para se calcular a tensão σ_{ar} pela fórmula:

$$\sigma_{ar} = 1,2\sigma_{ae} \left[1,0 - 0,5\left(\mu_a \frac{\sigma_{ae}}{\sigma_R} + \mu \frac{\sigma_e}{\sigma_R}\right) \right] \leq \sigma_{aT}$$

deve-se considerar $x \leq d$, sendo d a altura da mesa de compressão de viga T.

Foram adotados dois critérios para a verificação à ruptura por flexão.

a) Quando $x \leq d$ adotou-se a alternativa adotada pelo P-NB-116 item 4.2.1.1 .

b) Quando $x > d$ adotou-se o cálculo por tentativas.

III.3.1.1 - Alternativa prática adotada pelo P-NB-116

Considerando que deve ser:

$$\sigma_{ae} < \sigma_{ar} < \sigma_{aT}$$

admite-se interpolação linear entre σ_{ae} e σ_{aT} , com os seguintes dados:

$$\epsilon_{ae}; \sigma_{ae}; \frac{x}{h} = 0,33$$

$$\epsilon_{aT}; \sigma_{aT} \cong 1,20 \sigma_{ae}; \frac{x}{h} = 0$$

Obtêm-se

$$\sigma_{ar} = 1,2 \sigma_{ae} \left[1 - 0,5 \left(\mu_a \frac{\sigma_{ae}}{\sigma_R} + \mu \frac{\sigma_e}{\sigma_R} \right) \right] < \sigma_{aT}$$

com:

$$\mu_a = \frac{S_a}{bh}; \mu = \frac{S_f}{bh}$$

Portanto tem-se

$$M_{ar} = (S_a \sigma_{ar} + S_f \sigma_e) Z = (S_a \sigma_{ar} + S_f \sigma_e) \left(h - \frac{x}{2} \right)$$

com

$$x = \frac{S_a \sigma_{ar}}{b \sigma_R} + \frac{S_f \sigma_e}{b \sigma_R}$$

Deve-se lembrar que $M_{ar} < 0,277 bh^2 \sigma_R$ para não se ter seção super-armada.

Finalmente a verificação deve ser feita com:

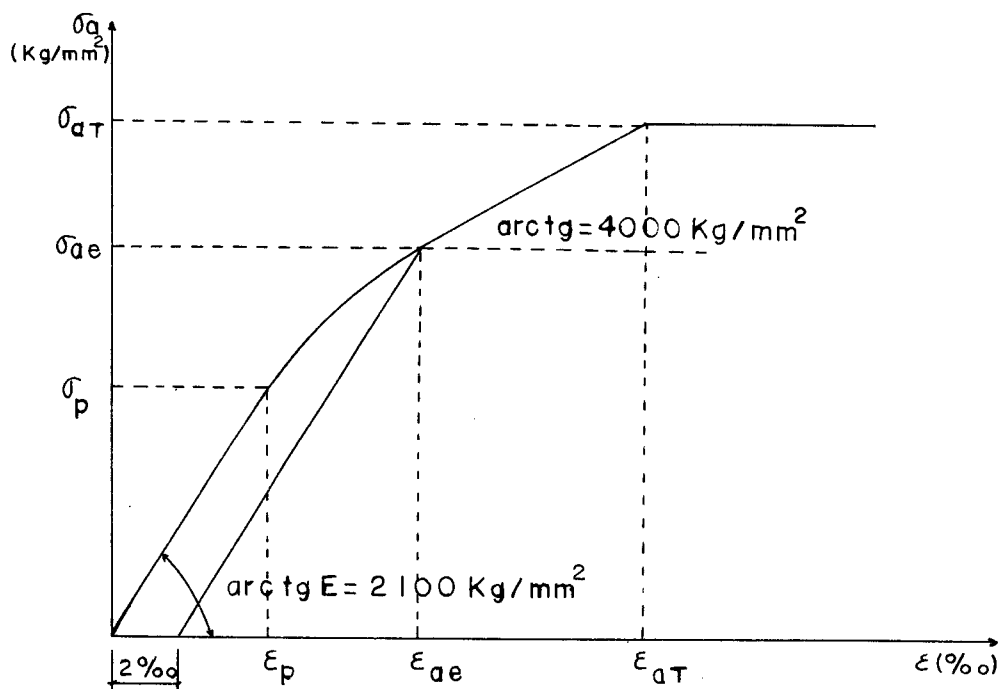
$$M_{ar} \geq 1,65(M_g + M_{\Delta t}) + 2M_p + 1,0M_{sec}.$$

com M_{sec} entende-se: momentos causados por deformação lenta, retração, recalques de apoios e hiperestáticos de protensão. O P-NB-116 adota para M_{sec} o coeficiente de segurança 1,0, enquanto que Brøndum-Nielsen admite que não se considere a influência dos momentos M_{sec} no cálculo do momento de ruptura da seção.

III.3.1.2 - Cálculo por tentativas

Este processo é desenvolvido a partir do diagrama tensão-deformação do aço dos cabos de protensão, que pode ser construído com suficiente aproximação.

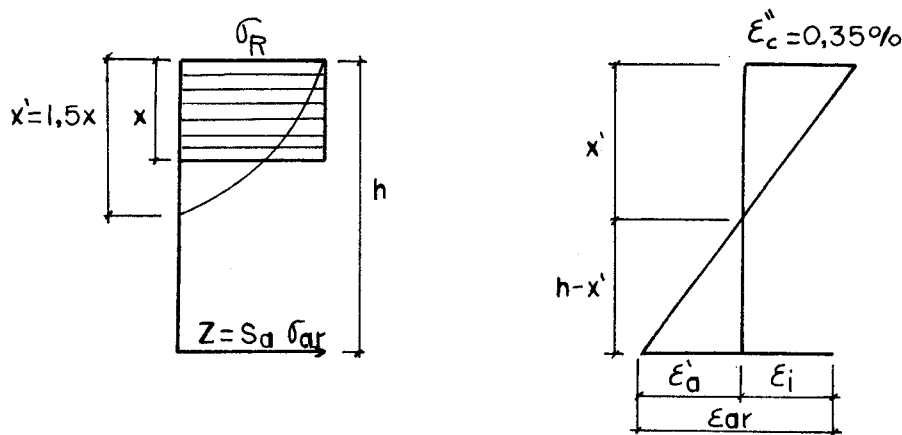
O diagrama tensão-deformação para um aço de protensão genérico, pode ser simplificado como na figura seguinte:



O momento de ruptura é calculado do mesmo modo que para o concreto armado não protendido; para isto, é necessário considerar-se o concreto inicialmente sem tensões, o que se consegue dando à armadura de protensão um novo alongamento, após as perdas de protensão, de valor unitário $\epsilon_a = \frac{|\sigma_{na}|}{E_c}$, ao qual corresponde um aumento de tensão de $E_a \epsilon_a$ e um aumento da força de tração na armadura de $S_a E_a \epsilon_a$.

A força de tração na armadura é, então, $P' = P + S_a E_a \epsilon_a$ que corresponde a um alongamento específico da armadura dado por $\epsilon_i = P' / S_a E_a$ chamado pré-alongamento.

Aumentando-se a carga, a ruptura será atingida com alongamento ϵ'_a no aço e encurtamento ϵ''_c no concreto, e com o equilíbrio esquematizado abaixo, de acordo com as hipóteses do P-NB-116:



Na ruptura tem-se alongamento total:

$$\epsilon_{ar} = \epsilon'_a + \epsilon_i \quad (1)$$

onde

$$\frac{\epsilon'_a}{\epsilon''_c} = \frac{h - x'}{x'}$$

ou

$$\epsilon'_a = \epsilon''_c \frac{h - x'}{x'} = \epsilon''_c \frac{h - 1,5x}{1,5x} \quad (2)$$

com $\epsilon''_c = 0,35\%$ (P-NB-116)

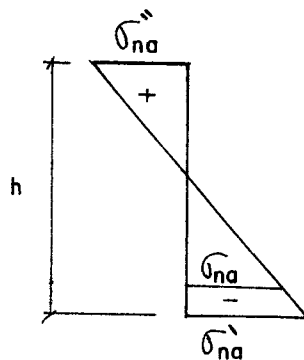
Determinado ϵ_{ar} , o diagrama real $(\sigma_{ar}, \epsilon_{ar})$ fornece σ_{ar} e portanto M_{ar} dado por:

$$M_{ar} = S_a \sigma_{ar} Z \quad (3)$$

desde que se conheça Z .

Para se determinar ϵ_{ar} é preciso calcular ϵ'_a pela (2) e ϵ_i como se mostra a seguir.

Esgotadas as perdas por deformação lenta e retração, as tensões no concreto causadas pela protensão são:



A primeira fissura no concreto surgirá quando a armadura tiver sido estirada pelas cargas externas de maneira a aparecerem no concreto uma tração e um alongamento suplementares $-\sigma_{na} = |\sigma_{na}|$ e $\epsilon_c = \frac{|\sigma_{na}|}{E_c}$ que anulem a pré-compressão σ_{na} oriunda da protensão e o respectivo pré-encurtamento $\frac{\sigma_{na}}{E_c}$.

O alongamento suplementar ϵ_a da armadura, causado pelas cargas externas, ao qual corresponde o aparecimento da primeira fissura é, portanto:

$$\epsilon_a = \epsilon_c = \frac{|\sigma_{na}|}{E_c}$$

ao qual corresponde um acréscimo de tensão da tração na armadura dado por:

$$E_a \epsilon_a = E_a \epsilon_c = E_a \frac{|\sigma_{na}|}{E_c} = n_a |\sigma_{na}|$$

A resultante de tração na armadura de protensão é, pois:

$$P' = P + S_a n_a |\sigma_{na}|$$

à qual correspondem o aparecimento da primeira fissura no concreto e o pré-alongamento ϵ_i dado por:

$$\epsilon_i = \frac{P'}{E_a S_a} = \frac{P}{E_a S_a} + \frac{S_a n_a |\sigma_{na}|}{E_a S_a} = \frac{\sigma_{a,na}}{E_a} + \frac{n_a |\sigma_{na}|}{E_a}$$

ou seja:

$$\epsilon_i = \frac{\sigma_{a,na} + n_a |\sigma_{na}|}{E_a}$$

sendo:

$\sigma_{a,na}$ = tensão na armadura de protensão, correspondente a P

σ_{na} = pré-compressão no concreto, ao nível da armadura de protensão, correspondente a P.

Para se determinar ϵ_{ar} uma vez conhecido ϵ_i , basta determinar x e, portanto ϵ'_a .

Se fosse conhecido σ_{ar} ter-se-ia

$$bx \sigma_R = S_a \sigma_{ar}$$

e portanto

$$x = \frac{S_a \sigma_{ar}}{b \sigma_R}$$

sendo, $z = h - \frac{x}{2}$ viria:

$$M_{ar} = S_a \sigma_{ar} z$$

O valor σ_{ar} será determinado por tentativas, a partir do diagrama (σ_a, ϵ_a) que pode ser construído com bastante aproximação para o aço usado.

Como interessa peça sub-armada, a parte do diagrama que será usada é aquela reta entre σ_{ae} e σ_{aT} que para todos os aços tem coeficiente angular aproximadamente 4000 kg/mm^2 . Como primeira tentativa faz-se:

$$\sigma_{ar_1} = \frac{1}{2}(\sigma_{ae} + \sigma_{aT})$$

então:

$$x_1 = \frac{S_a \sigma_{ar_1}}{b\sigma_R} \quad \text{e} \quad \epsilon'_{a_1} = \epsilon''_c \frac{h-1,5x_1}{1,5x_1}$$

Da (1) obtêm-se:

$$\epsilon_{ar_1} = \epsilon'_{a_1} + \epsilon_i$$

sendo ϵ_i calculado pela (4).

Entrando-se com o valor ϵ_{ar_1} no diagrama (σ_a, ϵ_a) obtêm-se σ_{ar_2} .

Se obtivesse $\sigma_{ar_2} = \sigma_{ar_1}$ o problema estaria resolvido.

Sendo $\sigma_{ar_2} \neq \sigma_{ar_1}$, realiza-se segunda tentativa, geralmente suficiente:

$$x_2 = \frac{S_a \sigma_{ar_2}}{b\sigma_R} \quad \text{e} \quad \epsilon'_{a_2} = \epsilon''_c \frac{h-1,5x_2}{1,5x_2}$$

então :

$$\varepsilon_{ar_2} = \varepsilon'_{a_2} + \varepsilon_i$$

do diagrama obtêm-se σ_{ar_3} .

O processo se repete de maneira análoga até se encontrar um valor único para σ_{ar} , o que levará ao cálculo do M_{ar} .

Se houver armadura suplementar a expressão de M_{ar} será :

$$M_{ar} = (S_a \sigma_{ar} + S_f \sigma_e)z$$

Tendo-se M_{ar} a verificação é feita como o exposto no final do item III.3.1.1

Apesar de os resultados serem impressos para cada seção, deve-se observar que esta verificação é feita com o cabo resultante, baseada nas prescrições do P-NB-116, e só é válida quando os cabos estão agrupados, o que geralmente ocorre nas seções mais solicitadas.

III.3.2 - Explicação do subprograma

A subrotina que faz a verificação à ruptura é a RUPTU que tem como argumentos :

IV, EA, YM, PF1, SAT1, CT1, DH1, DH2, DH3, B1, B2, B3 ,
SIGAE, SIGAT, SIGE, SF, SIGR, AMG, AMPN, AMPP, ESFH, ESFN1, ESFN2, WL, W2L, YG

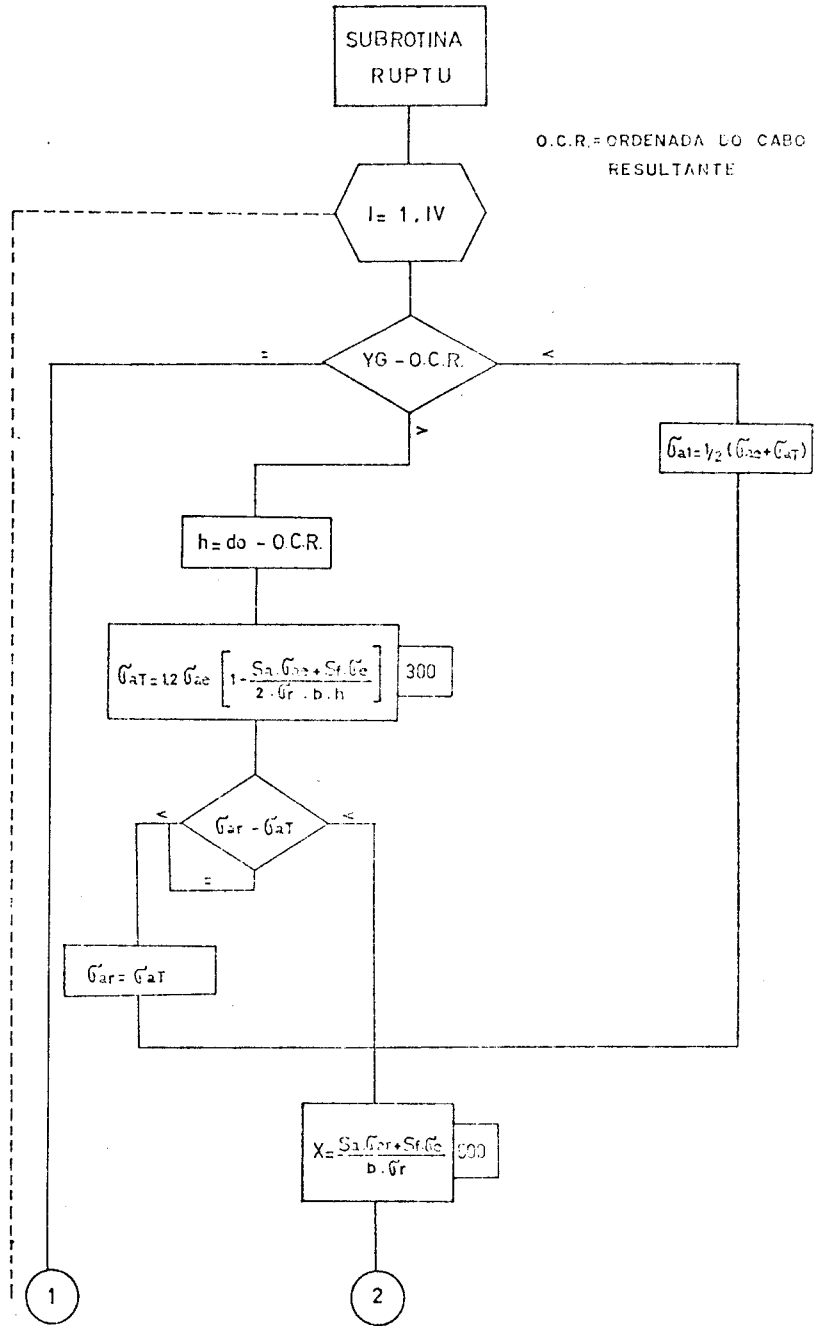
A verificação à ruptura é feita logo após a verificação à fissuração, também para todas as seções da viga.

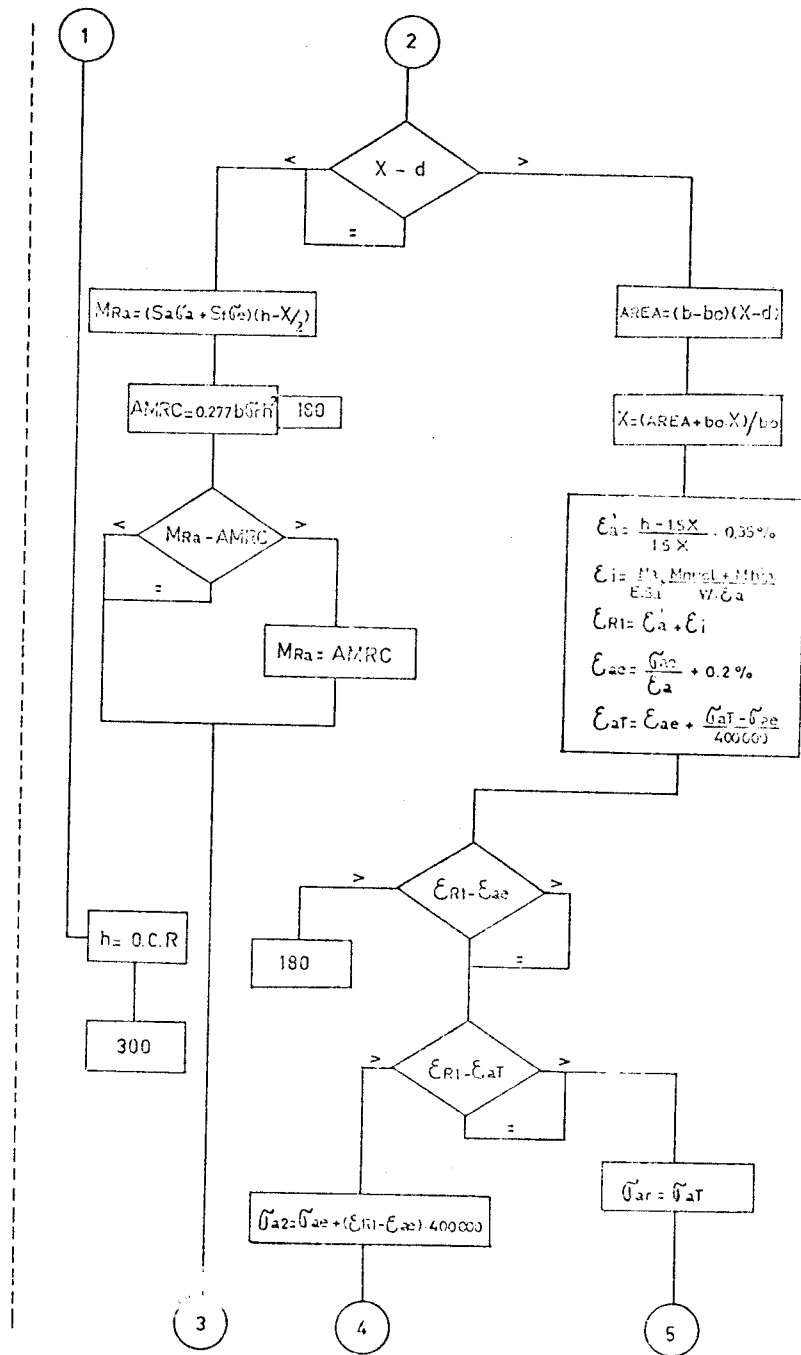
Esta sequência é seguida porque tem-se que levar em conta a armadura suplementar calculada pela FISAS.

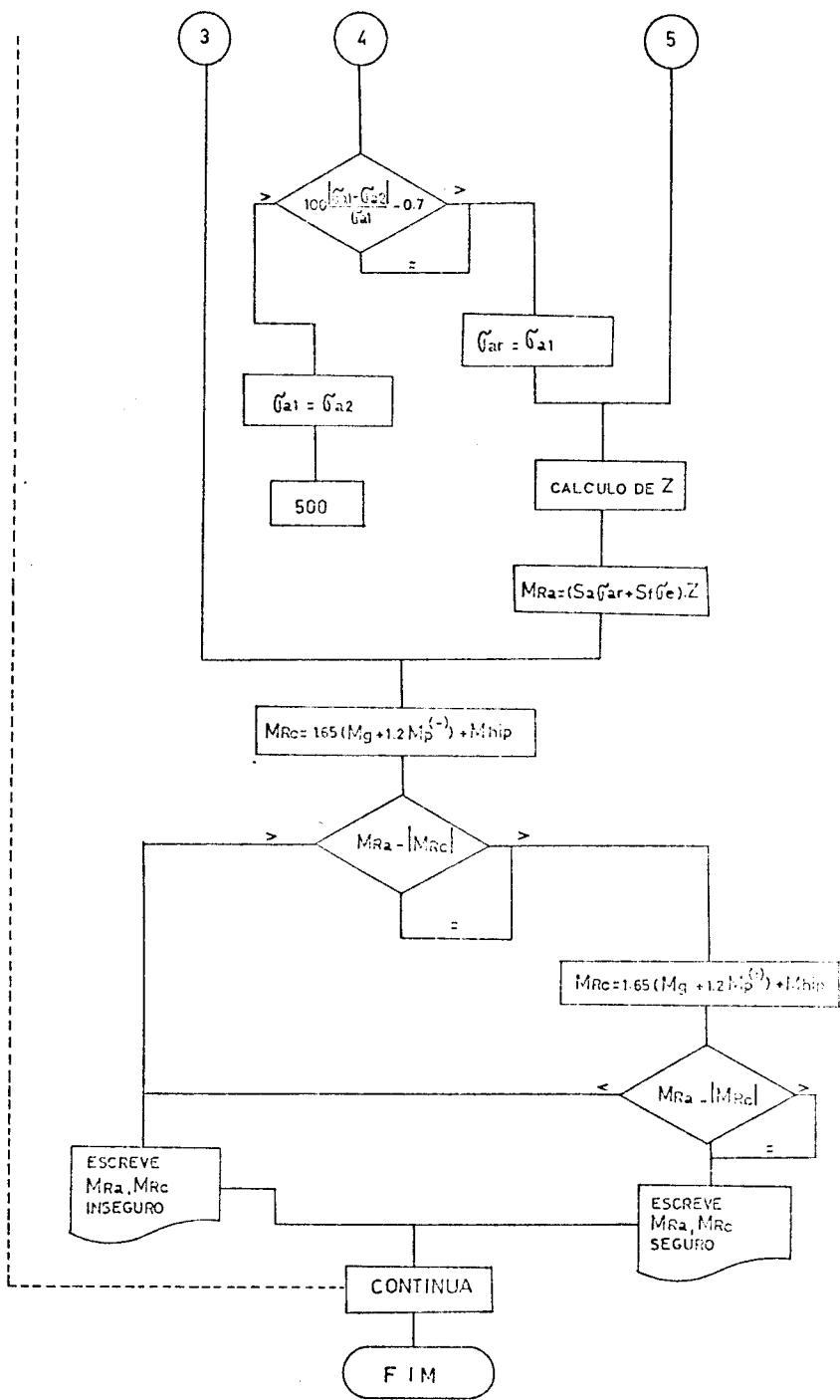
A chamada da RUPTU é feita porém, duas vezes apenas, uma para a borda superior da seção com $1,2 M_p^+$ e a outra para a borda superior da seção com $1,2 M_p^-$.

O único DIMENSION a ser alterado caso mude o número de tramos é o da matriz ESFN(I) onde I é o número de seções em que foi dividida a viga.

III.3.3 - Diagrama de Blocos







III.4 - Verificação da força cortante

III.4.1 - Teoria

Seguiu-se o processo apresentado pelo prof. Fernando Luiz Lobo Carneiro (em palestra proferida no Instituto de Engenharia de São Paulo em 1967) adaptado ao C.E.B.-1970.

Duas verificações devem ser realizadas: uma para a situação em serviço, em que se limita ou exclui a fissuração, outra para a situação de ruptura, em que se procura a determinação da segurança à ruptura proveniente da força cortante e o cálculo da armadura necessária para absorvê-la.

III.4.1.1 - Verificação das tensões em serviço

O cálculo das tensões é feito no Estádio I (teoria elástica) e a protensão é considerada como um sistema de esforços aplicados externamente.

As tensões tanto normais quanto de cisalhamento são calculadas a partir de esforços provenientes de momentos fletores (M), forças normais (N), quando se tem flexão composta e forças cortantes (Q) oriundas das cargas externas e da protensão, que podem ser indicados usando a notação da norma FIP como:

$$X_n = P \cos \alpha ; \Sigma M_n = \Sigma P \cos \alpha e_a ; Y_n = \Sigma P \sin \alpha$$

força normal momento fletor força cortante

onde:

P = força de protensão correspondente a cada cabo que passa pela seção considerada.
 α = ângulo que o cabo forma com o eixo da peça
 e_a = excentricidade do cabo relativa ao centro de gravidade da seção transversal geométrica

As tensões cisalhantes são calculadas em função do esforço cortante líquido: $(Q - Y_n)$ sem majoração, exceto a parcela de Q proveniente das cargas móveis que deve ser majorada de 20% (P-NB-116, item 5.1.1).

As solicitações que devem ser consideradas na verificação são:

Solicitações máximas: $\max Q' - Y_{na}$ sendo Y_{na} calculado com o valor final da força de protensão.

Solicitações mínimas: $\min Q' - Y_{nao}$, sendo Y_{nao} calculado com o valor inicial da força de protensão.

Imediatamente após a aplicação da protensão ao concreto: $Q'_{(nao + g_1)} - Y_{nao}$, com o valor inicial da força de protensão.

As tensões são calculadas por:

$$\sigma_x = \frac{M - \Sigma P \cos \alpha e_a}{J} y - \frac{X_n}{S_c}$$

$$\tau_{xy} = \frac{(Q' - Y_n) m_s}{b_o J}$$

Obtidos σ_x e τ_{xy} calculam-se as tensões principais com:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

De acordo com a norma FIP, pode-se adotar a seguinte simplificação: calculam-se as tensões principais ao nível do centro de gravidade da seção transversal descontando-se da largura da alma a soma dos diâmetros das bainhas dos cabos longitudinais que tem a mesma ordenada na seção considerada, mesmo que esses cabos não atravessem a seção ao nível do centro de gravidade.

Com essas simplificações as tensões podem ser calculadas da maneira seguinte:

$$\sigma_x = \sigma_o = - \frac{X_n}{S_c}$$

$$\tau = \frac{Q' - Y_n}{b_o z}$$

$$\text{sendo } z = \frac{J}{m_s}$$

M_s = momento estático, em relação ao eixo passando pelo centro de gravidade da parte da seção transversal que fica acima desse eixo.

As tensões principais ficam então com a seguinte formulação:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_o}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_o}{2}\right)^2 + \tau^2}; \quad \sigma_I = \sigma_1$$

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_o}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_o}{2}\right)^2 + \tau^2}; \quad \sigma_{II} = -\sigma_2 = |\sigma_2|$$

A verificação da resistência ao esforço cortante no estado limite de fissuração adotada pelo P-NB-116 é baseada na teoria de Paduart (C.E. B.-1966). A partir de 1970 o C.E.B. passou a adotar uma envoltória de círculos de Mohr que se adaptou melhor aos resultados experimentais.

As condições a serem satisfeitas pelas tensões dependem da classe de verificação e correspondem na ruptura às desigualdades:

$$\sigma_I \leq \sigma_T$$

$$\sigma_{II} \leq \frac{\sigma_R}{0,8} - \left(\frac{1}{0,8} \frac{\sigma_R}{\sigma_T}\right) \sigma_I$$

Introduz-se o coeficiente de segurança somente nas tensões características dos materiais. As tensões σ_R e σ_T devem ser divididas pelo coeficiente γ_b que depende da classe de verificação que se considera.

Para o cálculo em Classe III seria feito com possibilidade de se abrirem as fissuras, o valor de γ_b é 1/1,11 que é aproximadamente 0,9 e só tem sentido a verificação de σ_{II} .

Ter-se-á portanto:

$$\sigma_{II} \leq \frac{\sigma_R}{0,8\gamma_b} - \left(\frac{1}{0,8} \frac{\sigma_R/\gamma_b}{\sigma_T/\gamma_b}\right) \sigma_I = \frac{\sigma_R}{0,73} - \left(\frac{1}{0,8} \frac{\sigma_R}{\sigma_T}\right) \sigma_I$$

Deve ser colocada uma armadura transversal de alma constituída de fios de aço paralelos às faces laterais da alma e devidamente ancorados

nos banzos superior e inferior. Esses fios devem fazer um ângulo entre 45° e 90° com o eixo da viga, e sua inclinação deve ter o mesmo sentido da tensão principal de tração ao nível do centro de gravidade da seção suposta não fissurada.

O valor mínimo permitido para essa armadura transversal é obtido esticando-se a armadura transversal com sua resistência característica, de tal modo que ela produziria uma tensão principal de compressão no concreto pelo menos igual a $\sigma_R/4$ em toda a região da alma.

Se as armaduras transversais são protendidas, não se deve fazer esta verificação com o desconto nas espessuras das almas dos furos das bainhas.

O C.E.B. estabelece ainda, que o volume relativo da armadura de alma não deve ser inferior a 0,25% para aços lisos ou 0,14% para aços de alta resistência e grande aderência.

III.4.1.2 - Verificação à ruptura

III.4.1.2.1 - Coeficientes de segurança

O C.E.B. de 1970 estabelece que no estado-limite último os esforços solicitantes em serviço devem ser majorados por um coeficiente γ_s cujos valores assumidos seguem a seguinte recomendação:

"R.22, 211 *SOLLICITATIONS DE CALCUL DUES AUX CHARGES*

Lorsque des charges caractéristiques sont définies conformément à R.21, 2, les sollicitations de calcul sont, en général prises égales à

$$S^* = 1,5(S_{gk} + S_{qk}) \quad (1)$$

$$S^* = 0,9 S_{gk} + 1,5 S_{qk} \quad (2)$$

expressions dans lesquelles:

S_{gk} désigne la sollicitation due aux charges permanentes caractéristiques (R.21, 21)

et

S_{qk} la sollicitation due à la charge variable caractéristique la plus défavorable (R.21, 22)

Dans certaines structures, une condition plus défavorable que la condition (1) de sollicitation maximale peut, en effet, être obtenue pour une valeur minimale des charges permanentes, d'où la condition (2). Dans ces cas, il est nécessaire de considérer l'une et l'autre des sollicitations de calcul données par les expressions (1) et (2)."

Para a protensão o C.E.B. estabelece que:

"R.22, 31 *Etats-limites ultimes*

$$P^* = \gamma_p P_k$$

où

P_k désigne l'une des deux valeurs caractéristiques P_k ou P'_k définies en R.21, 32:

et où γ_p prend les valeurs suivantes:

(a) *Actions maximales - Précontrainte minimale: $\gamma_p = 0,9$*

Dans les pièces comportant un faible pourcentage d'armature de précontrainte, la valeur attribuée à γ_p n'a qu'une incidence réduite sur les résultats du calcul.

(b) *Actions minimales - Précontrainte maximale: $\gamma_p = 1.$ "*

Observa-se que o C.E.B.-70 adota para carga móvel o coeficiente 1,5 para os dois casos de solicitações, porém, quando o efeito da carga móvel alivia o efeito das cargas permanente e da protensão, tal coeficiente deve ser nulo.

Estudou-se todas as possibilidades de combinação dos efeitos das cargas solicitantes e da protensão, aplicando-se para cada caso os coeficientes de segurança adequados.

Obtêm-se desse modo um esforço cortante Q_u representativo da condição mais desfavorável de cisalhamento, o qual será absorvido por uma armadura constituída por estribos transversais.

III.4.1.2.2 - Tensão de referência e armadura transversal

O tipo de ruptura que o C.E.B.-70 classifica como tipo de zona C, se verifica quando a armadura da alma é suficientemente elevada, de modo que possa evitar a ruína da peça antes do aparecimento de fissuras de flexão na zona onde se dá o cisalhamento mais desfavorável.

A abertura das fissuras aumenta com o estiramento da zona tracionada até que a zona comprimida não possa mais resistir.

Esta ruptura não se dá bruscamente, mas, há um "aviso", através do aparecimento de numerosas fissuras e deformações elevadas.

O C.E.B. prescreve que as limitações para a zona C devem ser estabelecidas tomando-se como referência o valor τ_u , tensão de referência, dado por:

$$\tau_u = \frac{Q_u}{b_o h}$$

O estado-limite último é atingido por deficiência do concreto quando o valor τ_u atingir os valores:

$$\tau_u \leq \begin{cases} 51 \text{ kg/cm}^2 \\ 0,2 \frac{\sigma_R}{\gamma_b} \quad (\text{eventualmente} + 10\%) \end{cases}$$

nos casos de estribos verticais, ou estribos verticais e barras inclinadas.

O cálculo da armadura transversal é feito de acordo com a teoria de Mrsh multiplicando-se o resultado por um coeficiente de minoração η_T , constante na zona tipo C.

Este coeficiente aproxima o valor da armadura calculado através da treliça de Mrsh, ao valor efetivamente necessário da armadura transversal.

O C.E.B.-70 indica para o cálculo do coeficiente η_T no caso de flexo-compressão podendo existir protensão, a seguinte expressão:

$$\eta_T = 1 - 0,4 \frac{\sqrt{\sigma_R}}{\tau_u} \left(1 + 2 \frac{\sigma_o}{\sigma_R/\gamma_D} \right) \psi$$

O coeficiente ψ é um termo corretivo que no caso de seções protendidas com armadura suplementar (classe III) é igual a 1.

A armadura transversal, no caso de estribos verticais de seção total (por estribo) S_{te} espaçamento t e tensão de escoamento σ_{et} é calculada com a condição:

$$\frac{S_{te}}{b_o t} \geq \frac{\tau_u}{\sigma_{et}} \eta_T$$

No caso de estribos oblíquos com inclinação α em relação ao eixo da peça, substitui-se nessa fórmula S_{te} por $S_{te} (\text{sen} \alpha + \text{cos} \alpha)$ segundo a teoria clássica de Mörsh, ou por $S_{te}/\text{sen} \alpha$ (a favor da segurança).

De qualquer maneira, essa armadura transversal não pode ser inferior a:

$$\min \frac{S_{te}}{b_o t} = 0,015 \frac{\sigma_R}{\sigma_{et}}$$

A armadura transversal poderá ser dispensada em lajes sem juntas de concretagem ou com vigas pré-fabricadas com $d \leq 40$ cm quando:

$$\tau_u \leq 0,46 \sqrt{\sigma_R}$$

III.4.2 - Explicação do subprograma

A verificação da força cortante é feita no fim do programa principal.

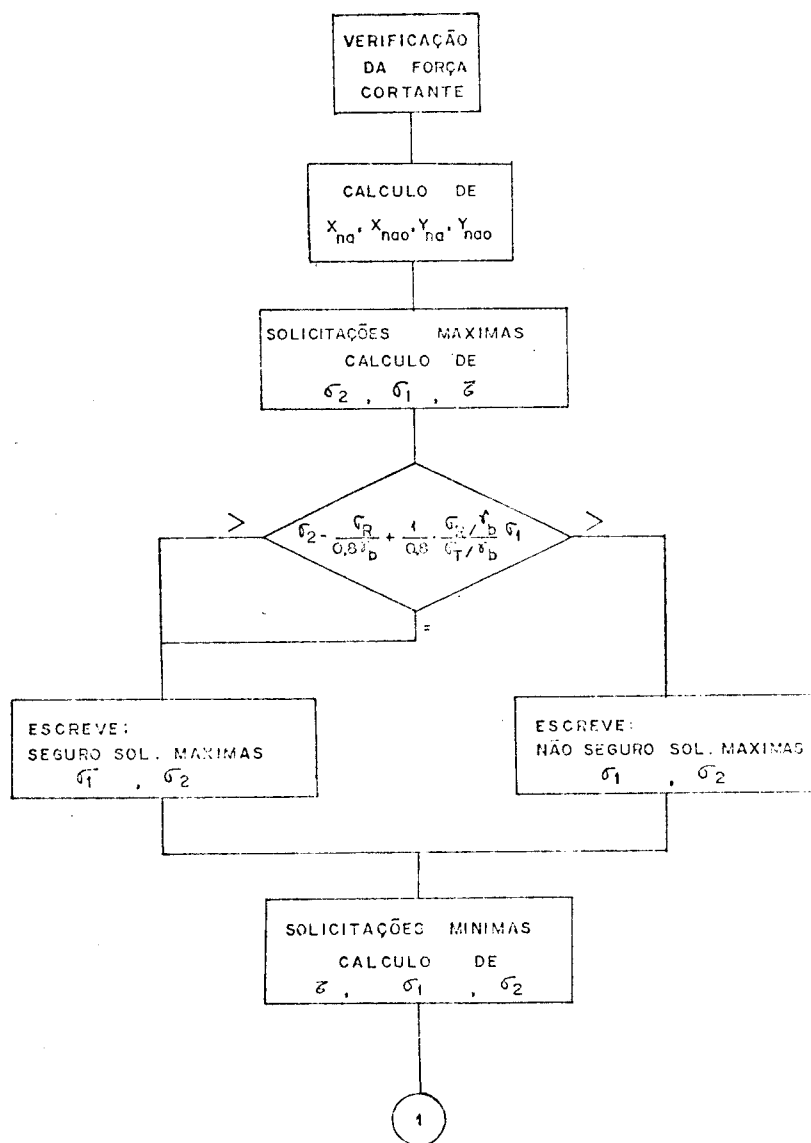
Inicialmente faz-se o cálculo das tensões principais de tração e compressão para as solicitações máximas, mínimas e de carga permanente, com parando-se estas tensões com os valores adotados pelo P-NB-116.

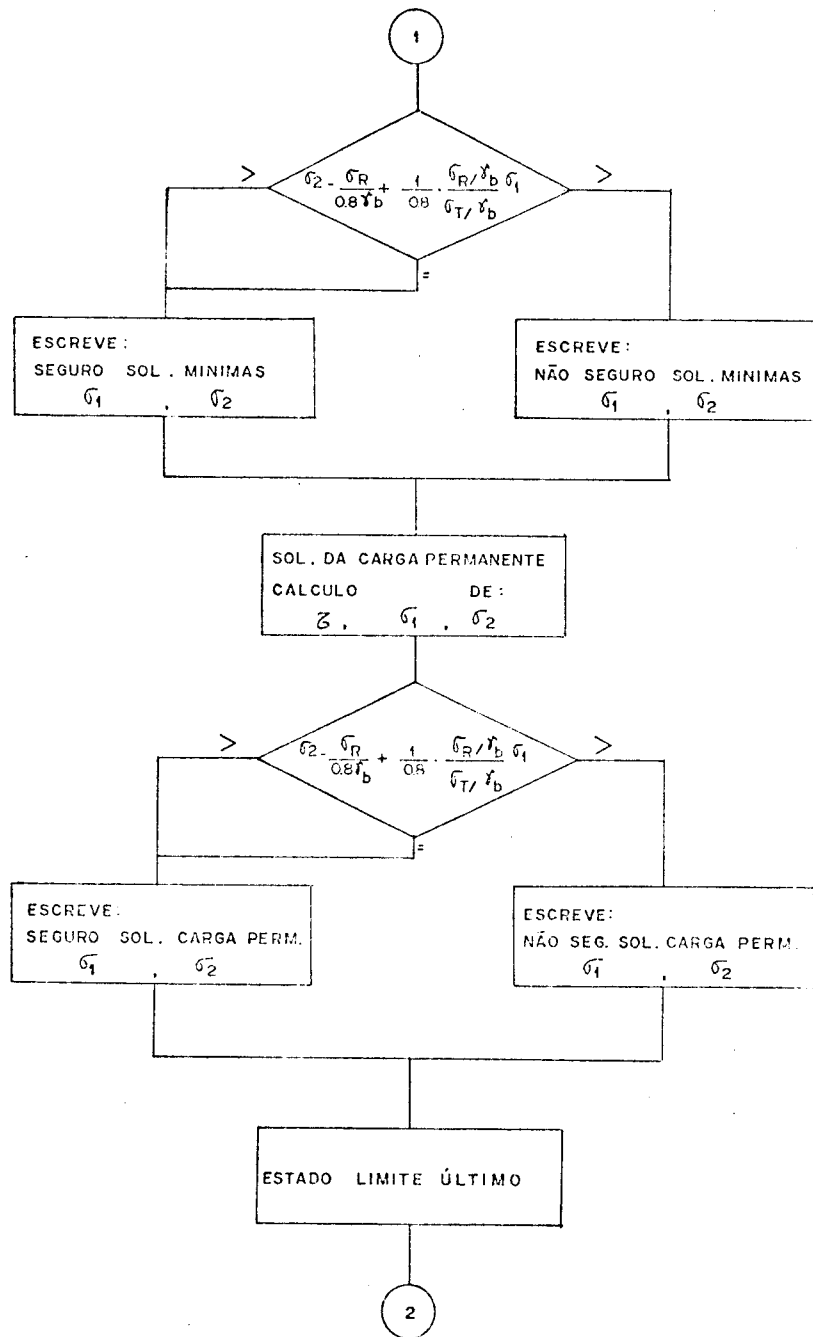
A seguir é feita a verificação para o estado limite último com as mesmas solicitações acima, calculando-se o espaçamento máximo dos estribos de 3/8" necessários para completar a resistência sendo impresso para cada seção, o espaçamento máximo.

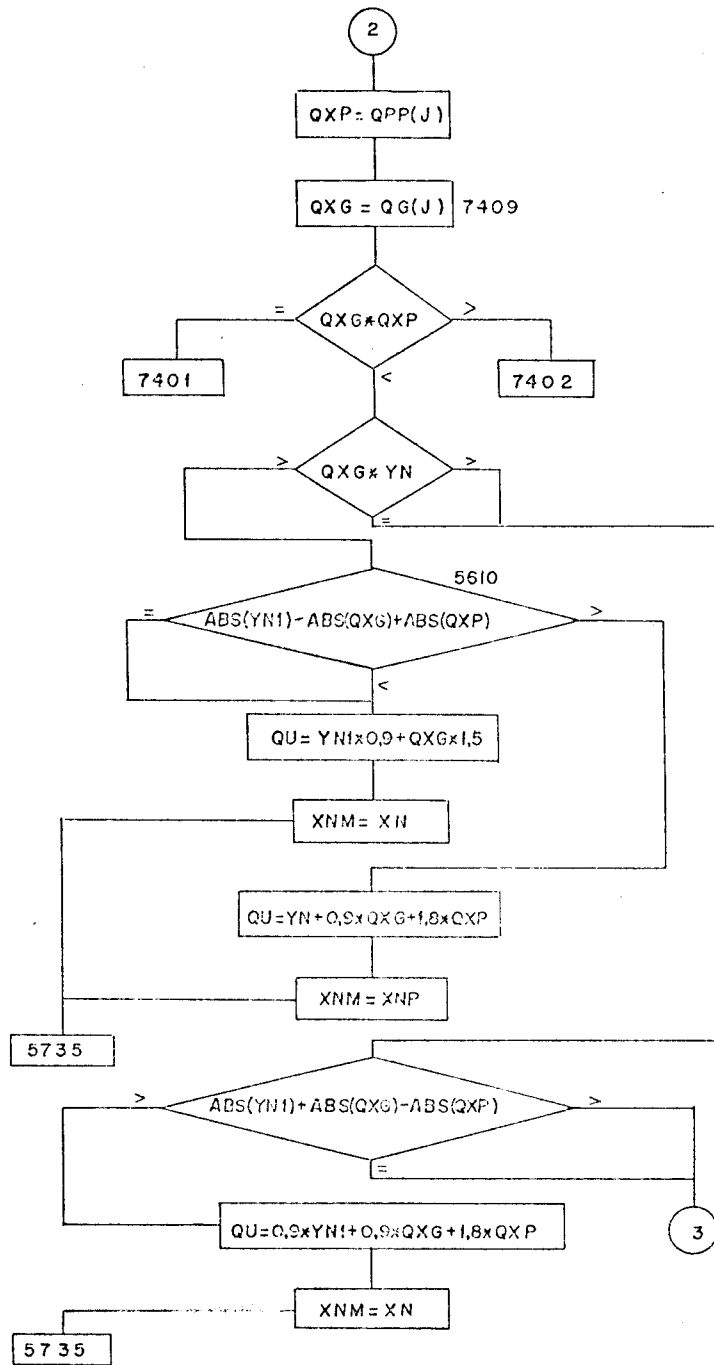
Abaixo esta uma tabela com a nomenclatura usada em FORTRAN e os correspondentes valores na linguagem usual.

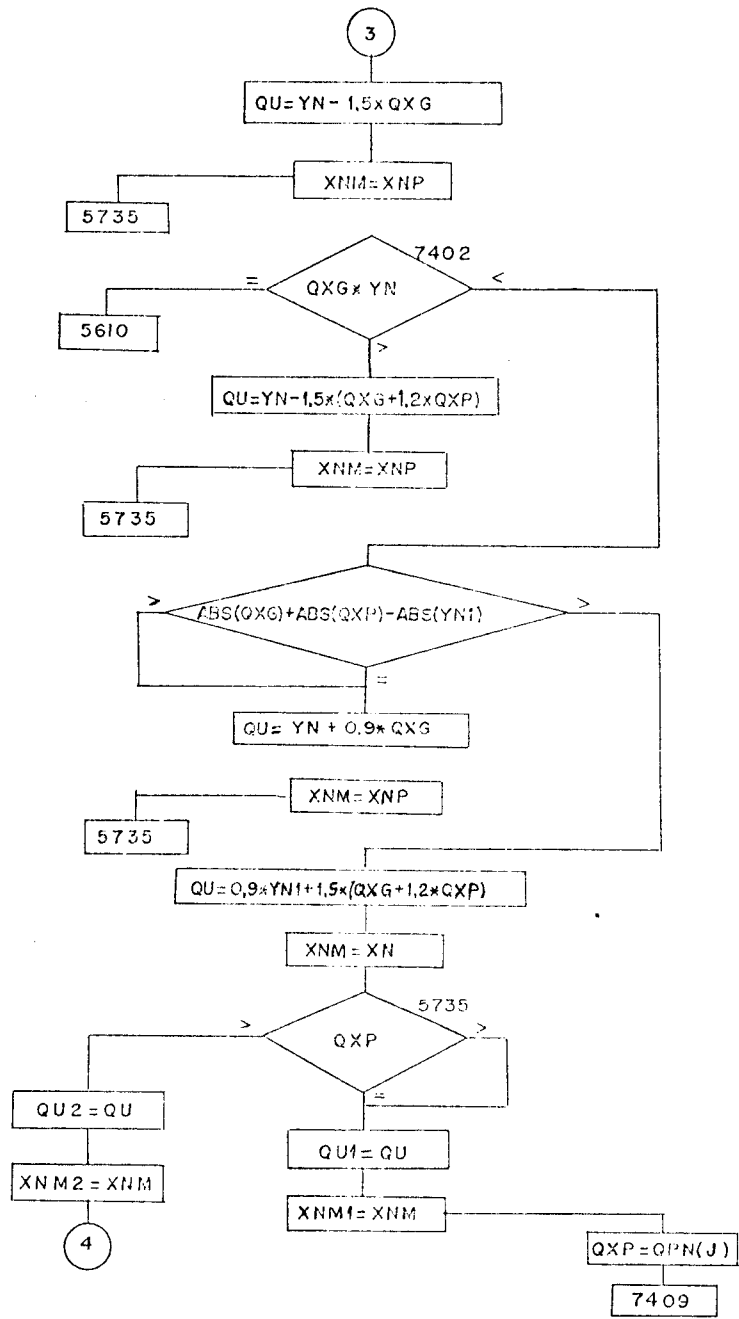
| LINGUAGEM | | SIGNIFICADO |
|------------|---------|--|
| USUAL | FORTRAN | |
| τ | TAU | Tensão tangencial |
| σ_1 | SIG1 | Tensão principal de tração |
| σ_2 | SIG2 | Tensão principal de compressão |
| σ_o | SIGZE | Tensão de compressão devida à protensão, à altura do C.G. |
| η_t | ETAT | Coefficiente de redução |
| t | TE | Espaçamento máximo dos estribos |
| τ_u | TAJU | Tensão tangencial de referência |
| | ECMAX | Cortante líquida para solicit. mais desfavorável |
| | XNM | Compressão devida à protensão p/solicit. mais desfavorável |
| | SIGZO | XNM dividido pela área da seção transversal da viga |
| | SIGZA | Tensão de compressão devida a prot. s/perdas, à alt. do C.G. |

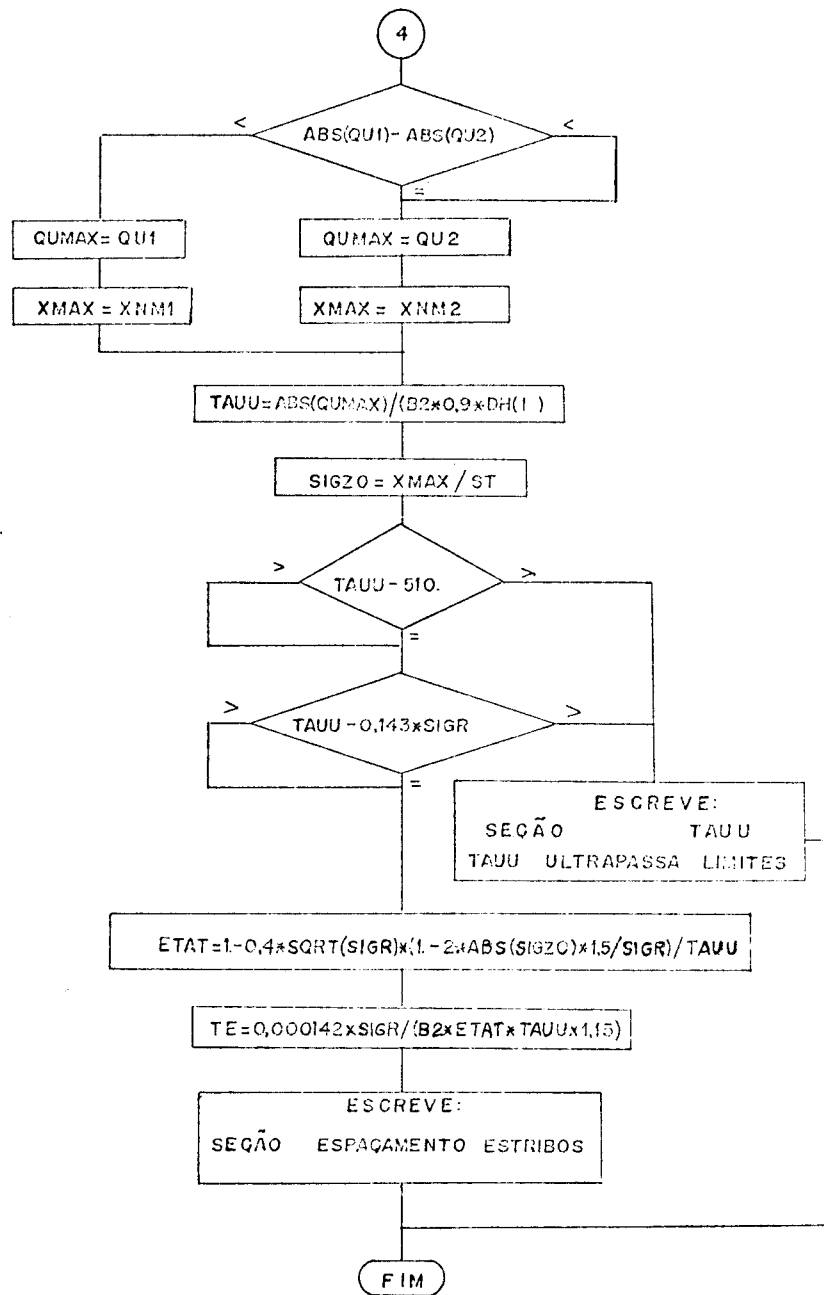
III.4.3 - Diagrama de Blocos











IV - SUBROTINAS COMPLEMENTARES

IV.1 - Subrotina GRAF

IV.1.1 - Explicação do subprograma

Através do PLOTTER traçam-se os diagramas dos momentos das cargas permanentes, dos nucleares superior e inferior dos hiperestáticos devidos à protensão e identifica cada um desses momentos numa legenda.

Fez-se uma subrotina que foi denominada GRAF e tem os seguintes argumentos fictícios:

M, NN, NP, L, AMVI, MOMEN, I, II

onde:

NP = número que corresponde ao carácter que identifica o momento traçado
AMVI = momento a ser traçado
I = número do tramo considerado
II = número do momento na ordem em que é desenhado e outros argumentos já definidos no capítulo I.
M = número de tramos da viga considerada
NN = número de seções em que foi dividido cada tramo
L = comprimento de cada tramo
MOMEN = nome do momento que se quer traçar e que aparecerá na legenda.

IV.1.2 - Chamada da subrotina no programa principal

A chamada é feita tantas vezes quantas forem os números dos tramos da viga considerada.

Suponha-se que se esteja analisando uma viga contínua de três tramos, e se quer traçar o diagrama de momentos dados pelas cargas permanentes (AMG) e se quer identificá-lo por "Δ" .

A chamada deve ser feita 3 vezes consecutivas para cada momento, colocando-se em lugar de L, L(I) sendo I o número do tramo considerado e, em lugar de AMVI, o momento a ser desenhado.

```
CALL GRAF (M, NN, L(1), AMG, MOMEN, 1,1)
CALL GRAF (M, NN, L(2), AMG, MOMEN, 2,1)
CALL GRAF (M, NN, L(3), AMG, MOMEN, 3,1)
```

A legenda é escrita na última chamada da subrotina.

IV.2 - Subrotina ALTU

IV.2.1 - Explicação do subprograma

Esta subrotina calcula as ordenadas em cada seção do cabo resultante, o número de cabos que passam em cada seção, a soma das áreas das seções transversais de todos os cabos e a força de protensão total em cada seção.

Os argumentos fictícios dessa subrotina são:

IV, C, Y, YM, CT1, SAT1, SA1, PF1, PP

sendo:

CT1 = número de cabos que passam em cada seção

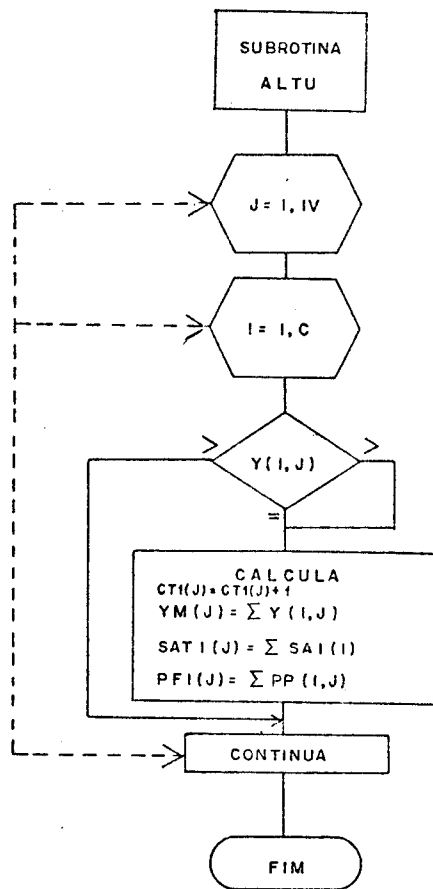
SAT1 = soma das áreas das seções transversais dos cabos em cada seção

PF1 = força de protensão total em cada seção

A chamada da subrotina no programa principal é feita uma única vez, independentemente do número de vãos e cabos da viga analisada.

Os DIMENSION a serem alterados no caso de se mudar o número de tramos ou cabos são os das matrizes Y(I,J) e PP(I,J) onde I é o número de cabos e J o número de seções em que foi dividida a viga toda.

IV.2.2 - Diagrama de Blocos



IV.3 - Subrotina ZOTRA

IV.3.1 - Explicação do subprograma

Nesta subrotina é calculada a altura da zona tracionada, ou seja, a cunha de tração.

Os argumentos fictícios dessa subrotina são:

IV, TBIC, TBSC, DHL, XH

sendo:

TBIC = tensão na borda inferior da seção

TBSC = tensão na borda superior da seção

A chamada desta subrotina no programa principal é feita quatro vezes. A primeira supondo que a tensão na borda inferior da seção, calculada com $1,2 M_p^+$ seja de tração, a segunda supondo que a tensão na borda superior, calculada com $1,2 M_p^+$ seja de tração. As terceira e quarta vezes com as tensões nas bordas inferior e superior respectivamente, calculadas com $1,2 M_p^-$.

Em cada chamada é calculada a altura da cunha de tração e em seguida é feita a verificação à fissuração.

Os DIMENSION são inalteráveis assim como o número de chamadas e sua localização no programa principal.

IV.3.2 - Diagrama de Blocos



IV.4 - Subrotina CABOS

IV.4.1 - Explicação do subprograma

Nesta subrotina são calculados o número de cabos que se encontram dentro da cunha de tração em cada seção, a força de protensão total e a soma das áreas das seções transversais desses cabos.

Os argumentos fictícios dessa subrotina são:

C, IV, Y, XH, CT, PF, PP, SAL, SAT, DHL, KV

sendo:

CT = número de cabos dentro da cunha de tração

PF = força de protensão total dos cabos dentro da cunha de tração

SAT = soma das áreas das seções transversais dos cabos dentro da cunha de tração.

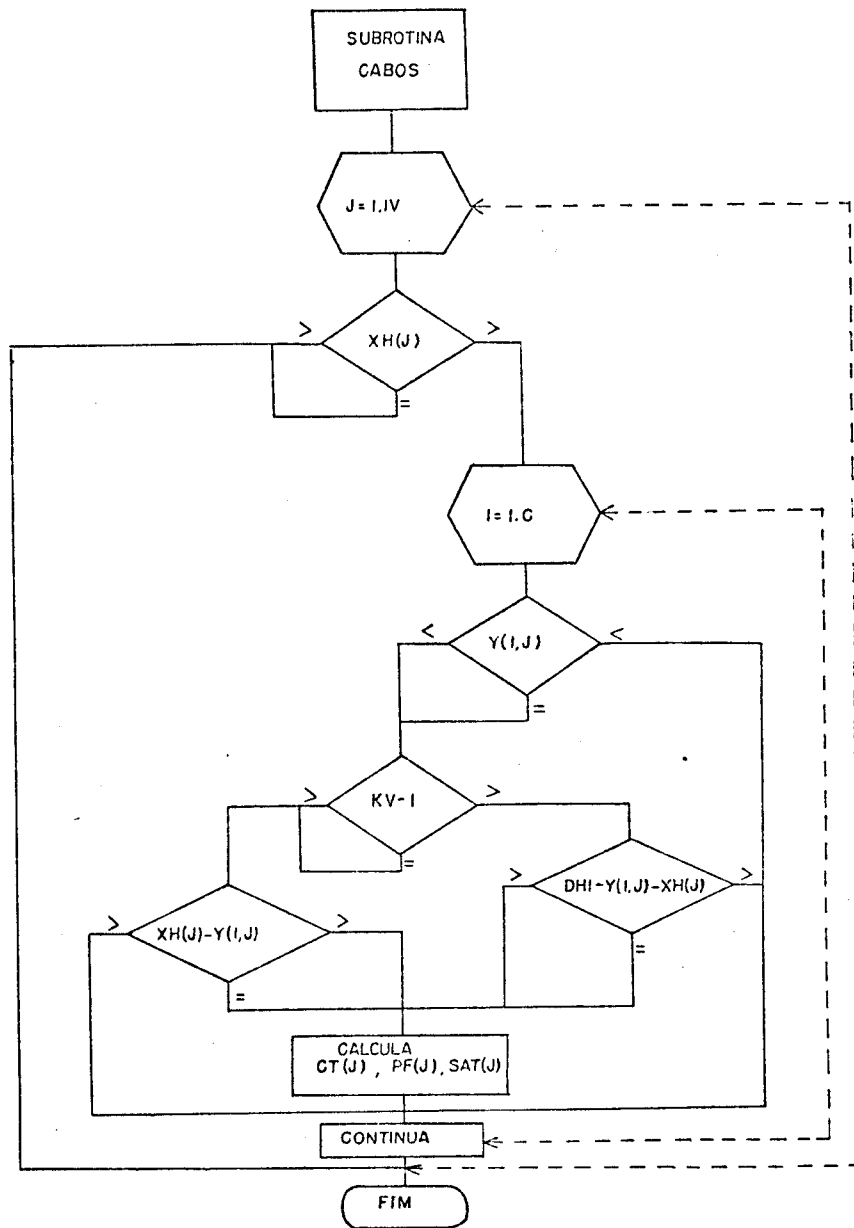
DHL = altura total da viga.

O argumento KV assume o valor 1 quando a borda superior da seção esta tracionada e o valor 2 quando a borda inferior da seção esta tracionada .

A chamada desta subrotina no programa principal é feita quatro vezes e procede a chamada da subrotina ZOTRA.

Os DIMENSION a serem alterados caso mude o número de cabos ou tramos da viga analisada são os das matrizes Y(I,J), e PP(I,J) sendo I o número de cabos e J o número de seções em que foi dividida a viga toda.

IV.4.2 - Diagrama de Blocos



IV.5 - Subrotina VERCO

IV.5.1 - Explicação do subprograma

Nesta subrotina são calculados o número de cabos que tem a mesma ordenada em cada seção, a força de protensão total com e sem perdas por atrito e a soma das áreas das seções transversais dos cabos que passam pelas seções.

Tem os seguintes argumentos fictícios:

NN, C, Y, P, HL, H2, CT1, IAUX, IVEZ, PF, PP, PF1, KT

sendo:

PF = força de protensão total descontando as perdas por a
trito

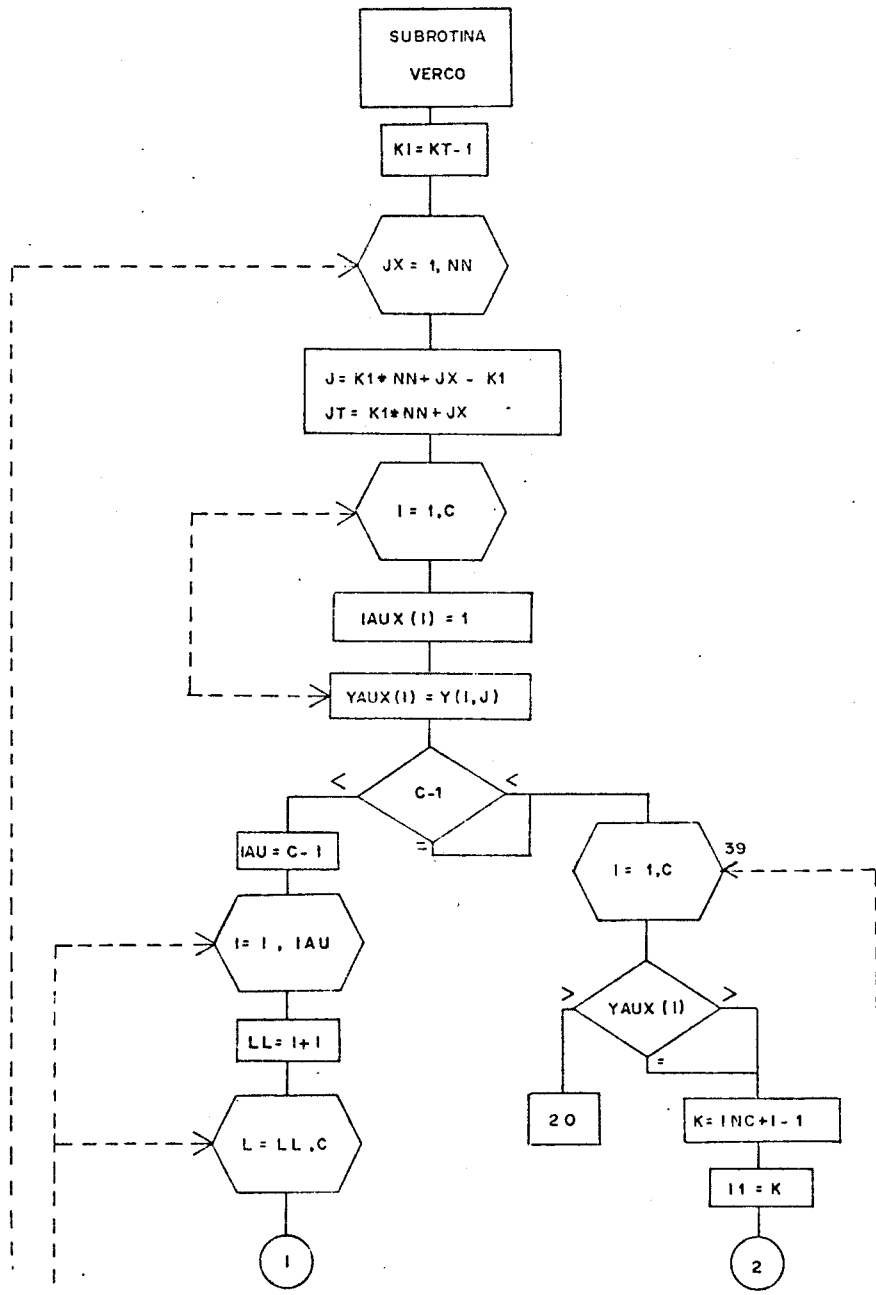
PF1 = força de protensão total sem descontar as perdas por
atrito

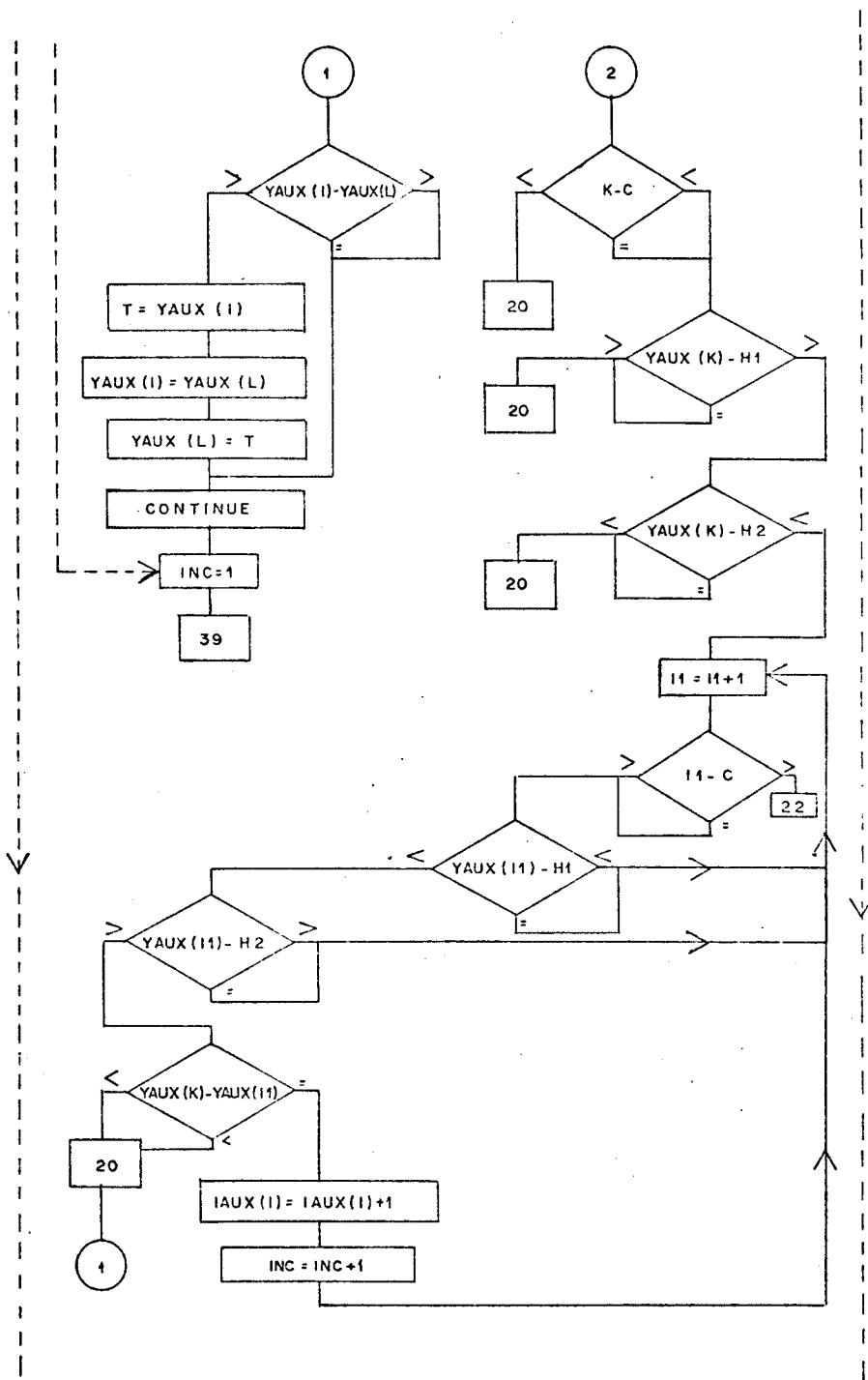
CT1 = número de cabos em cada seção

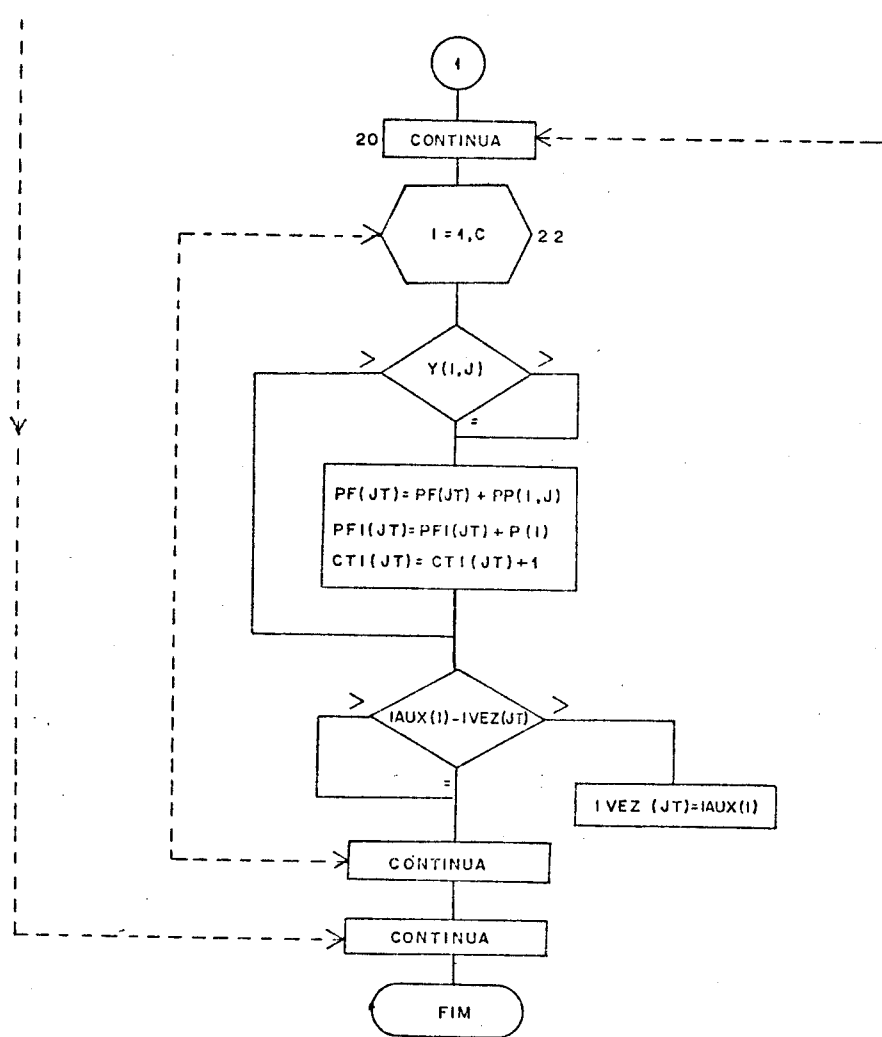
Inicialmente guarda-se cada elemento da matriz Y(I,J) num elemento da matriz YAUX (I) e ordenam-se os elementos desta matriz em ordem decrescente. Isto é feito para que não haja influência da ordem de entrada das ordenadas dos cabos nos cálculos de verificação da força cortante.

Os DIMENSION a serem mudados caso sejam alterados os núme
ros de cabos e tramos da viga são os das matrizes Y(I,J); YAUX(I,J) e PP(I,J)
sendo I o número de cabos e J o número de seções em que foi dividida a vi
ga toda.

IV.5.2 - Diagrama de Blocos







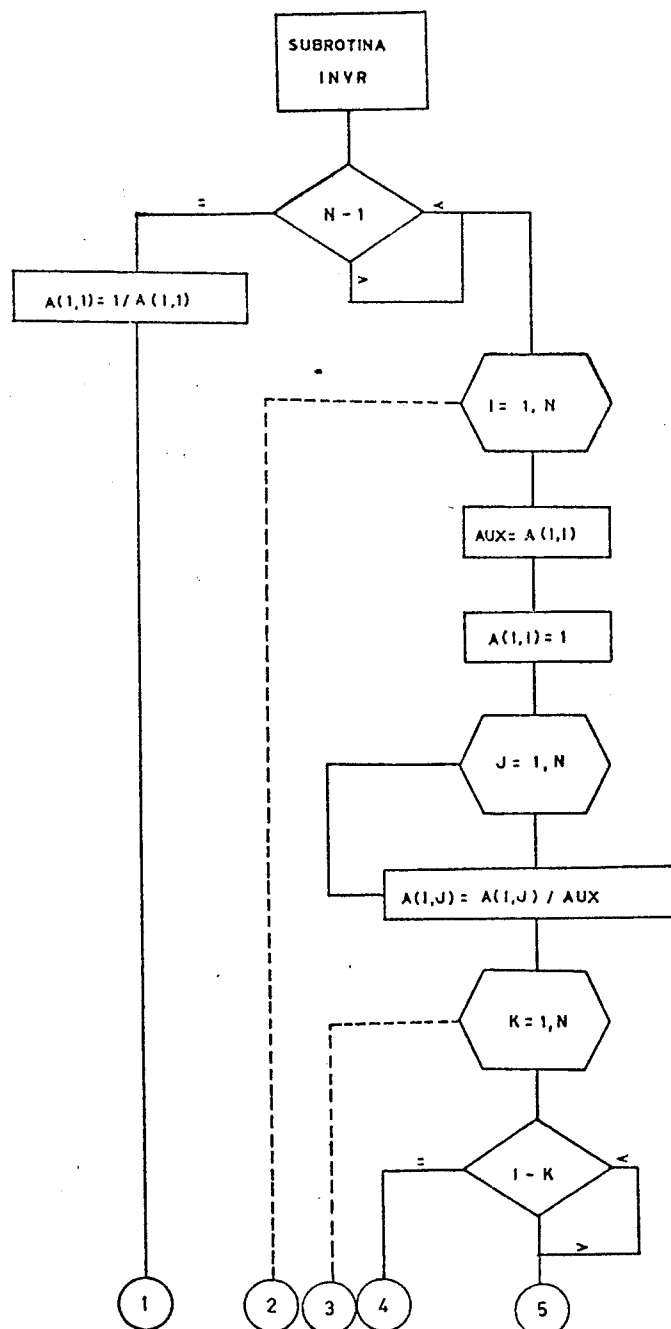
IV.6 - Subrotina INVR

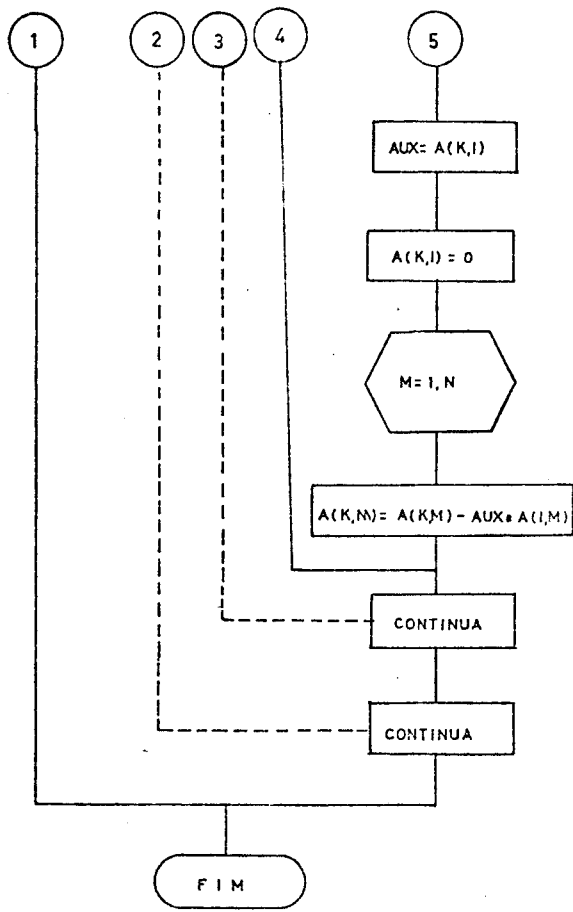
IV.6.1 - Explicação do subprograma

Esta subrotina faz a inversão da matriz de rigidez da estrutura.

Tem como argumentos fictícios A e N, sendo que A corresponde à matriz SR no programa principal, tendo o mesmo DIMENSION.

IV.6.2 - Diagrama de Blocos





IV.7 - Programa principal

IV.7.1 - Introdução

Do programa principal consta inicialmente uma programação de análise matricial (Gere e Weaver) onde são calculados os momentos de engastamento perfeito da protensão, após vêm as chamadas das subrotinas que fazem os cálculos intermediários e as verificações e finalmente a verificação da força cortante.

IV.7.2 - Dimensões das matrizes

| MATRIZES | Nº DE LINHAS (I) | Nº DE COLUNAS (J) |
|----------|------------------|-------------------|
| RL | α | * |
| CRL | α | * |
| AC | α | * |
| A | α | * |
| AE | α | * |
| AR | α | * |
| D | α | * |
| YM | β | * |
| CT | β | * |
| XH | β | * |
| ESFN1 | β | * |
| ESFN2 | β | * |
| SF | β | * |
| AMG | β | * |
| AMPP | β | * |

α = duas vezes o número de apoios

β = número de seções em que foi dividida a viga toda

γ = β + uma vez cada apoio interno

δ = número de tramos da viga

η = número de cabos

ψ = graus de liberdade = $2NJ - NR$

* matriz unidimensional

| MATRIZES | Nº DE LINHAS (I) | Nº DE COLUNAS (J) |
|----------|---------------------|----------------------|
| AMPN | β | * |
| TBICN | β | * |
| TBICP | β | * |
| TBSCP | β | * |
| TBSCN | β | * |
| SAT1 | β | * |
| SAT | β | * |
| CT | β | * |
| QH | γ | * |
| QC | γ | * |
| QMAX | γ | * |
| QMIN | γ | * |
| QG | γ | * |
| QPP | γ | * |
| QPN | γ | * |
| IAUX | γ | * |
| IVEZ | γ | * |
| BETAF | γ | * |
| CT1 | γ | * |
| QT | γ | * |
| PF | γ | * |
| PFL | γ | * |
| Q1 | γ | * |
| Q2 | γ | * |
| DH | 7 | * |

α = duas vezes o número de apoios

β = número de seções em que foi dividida a viga toda

γ = β + uma vez cada apoio interno

δ = número de tramos da viga

η = número de cabos

ψ = graus de liberdade = $2 NJ - NR$

* matriz unidimensional

| MATRIZES | Nº DE LINHAS (I) | Nº DE COLUNAS (J) |
|----------|---------------------|----------------------|
| YGI | 7 | * |
| R | 7 | * |
| B | 7 | * |
| SE | 7 | * |
| AME1 | 7 | * |
| AJ1 | 7 | * |
| SM | 4 | 4 |
| L | δ | * |
| P | η | * |
| ITEST | η | * |
| SAL | η | * |
| DIA | 5 | * |
| QP | η | γ |
| ESF1 | η | γ |
| ESF2 | η | γ |
| QCP | η | γ |
| Y | η | β |
| PERDA | η | β |
| PP | η | β |
| S | α | ψ |
| SR | ψ | ψ |
| AM | δ | 4 |
| AML | δ | 4 |

α = duas vezes o número de apoios

β = número de seções em que foi dividida a viga toda

γ = β + uma vez cada apoio interno

δ = número de tramos da viga

η = número de cabos

ψ = graus de liberdade = $2 \text{ NJ} - \text{NR}$

* matriz unidimensional

IV.7.3 - Entrada de dados

A entrada dos dados deve obedecer à seguinte ordem:

1 - Dados da seção

São sete cartões, cada um deles contendo as dimensões horizontal e vertical de cada elemento em que foi dividida a seção, sendo dados nessa ordem, ou seja:

1º cartão B(1) DH(1)

2º cartão B(2) DH(2)

Se a seção adotada não tiver alguns elementos da seção padrão, deve-se dar esses elementos com valor zero.

As dimensões da seção são dadas em centímetros.

2 - Diâmetros das barras da armadura suplementar

São fornecidos cinco diâmetros num mesmo cartão em ordem crescente de bitola.

Estes dados são em metros.

3 - Dados do carregamento

Em um único cartão são fornecidos o número de nós e o número de barras carregados nesta ordem.

4 - Momentos das cargas externas

4.1 - Momentos da carga permanente

4.2 - Momentos da carga móvel multiplicados por 1,2

Inicialmente são dados os momentos da carga permanente em todas as seções, a seguir os momentos das cargas móveis(positivos) e finalmente os momentos das cargas móveis(negativos).

Serão 7 cartões para M_g a seguir 7 cartões para $1,2M_p^+$ e depois 7 cartões para $1,2M_p^-$ dados em toneladas metros.

5 - Momentos que serão mostrados no PLOTTER

São quatro cartões sendo que em cada cartão irá o nome do momento que será colocado no diagrama.

6 - Forças cortantes das cargas externas

As forças cortantes não são multiplicadas por 1,2 sendo da das do mesmo modo que os momentos.

A unidade é tonelada.

7 - Dados da estrutura

Em um único cartão são dados pela ordem:

M, NR, NRJ, NN, C, EA

NR é contado como:

- se o nó for engastado vale 2
- se o nó for livre de girar vale 1
- se o nó for uma extremidade livre ou não tiver um apoio vale zero. O NR fornecido como dado é a soma dos NR de todos os nós.

NRJ é o número de nós restringidos. O nó só não é restringido se não tiver um apoio, isto é, se for um ponto em que há variação de ri gidez da viga ou um balanço.

No caso de uma viga contínua com n tramos, todos tendo a poios, o valor de NRJ é n + 1.

O módulo de elasticidade do aço (EA) deve ser dado em tone ladas por metro quadrado.

8 - Dados da armadura de protensão, armadura suplementar e bainhas

São fornecidos num único cartão. As unidades são tonelada e metro.

9 - Força de protensão inicial

São dados tantos valores quantos forem os cabos. A unidade é tonelada e devem ser positivas. São fornecidas em um único cartão.

10- Seção transversal da armadura de protensão

Em um único cartão são dadas as seções transversais dos cabos de protensão. São tantos valores quanto forem os cabos e são dadas em metros quadrados.

11- ITEST

Se o cabo for tracionado pelas duas extremidades deve - se dar um número positivo.

Se o cabo for tracionado pela extremidade a esquerda deve-se dar um número negativo e pela extremidade a direita o número zero.

São dados tantos números quantos forem os cabos, todos em um cartão.

12- Comprimentos dos tramos da viga

São dados tantos cartões quantos forem os tramos da viga.

Em cada cartão deverá constar o número do tramo e o comprimento do mesmo em centímetros. A conversão para metros é feita logo após a leitura.

13- Restrições

As restrições são quanto à translação vertical e rotação do apoio.

Se o apoio for fixo ou móvel não há translação mas há rotação; se o apoio for engastado não há rotação nem translação vertical.

Se houver restrição coloca-se 1, se não houver coloca-se zero.

Em cada cartão coloca-se:

nº do nó - restrição ou não à translação - restrição ou não ao giro.

Haverá tantos cartões quantos forem os nós restringidos, não entrando os nós que não forem restringidos.

14- Ordenadas dos cabos

São dados para cada cabo as ordenadas em cada seção, isto é, para o primeiro cabo são dadas todas as ordenadas, depois são dadas as ordenadas do segundo cabo e assim até o último cabo.

Quando não houver cabo em uma seção deve-se dar um número negativo, -1.1 por exemplo.

A unidade é centímetro.

A variável NPPN, lida após os dados da armadura de protensão e suplementar, não faz parte da estrutura do programa, serviu apenas para que se pudesse passar os cinco exemplos, com números de cabos diferentes, simultaneamente.

IV.7.4 - Descrição do programa principal

A leitura dos dados é feita do comando 41 até o 431. Em seguida são calculadas as características geométricas da seção através da subrotina CAGEO.

Após o comando 1072, são calculadas as forças de protensão em cada seção descontando-se as perdas por atrito. Os cálculos são feitos pelas subrotinas ATRIT e FORPE. Do comando 6111 até o 6221 são impressos os valores dessas forças.

A partir do comando 6221 tem início o programa de vigas contínuas (Gere e Weaver) onde são calculados os momentos de engastamento perfeito provenientes da protensão, através da subrotina AMOM.

A seguir vem o comando 905 onde são calculados os momentos hiperestáticos da protensão através da subrotina HIPER.

A esse cálculo segue-se a chamada da subrotina ANUCL em que são calculados os momentos nucleares da protensão para cada cabo em cada seção. No comando 1003 esses momentos são somados resultando os momentos nucleares em cada seção devido ao efeito de todos os cabos.

No comando 9500 são calculadas as tensões nas bordas das seções devidas às cargas permanentes e à protensão e em seguida é feita a verificação dessas tensões através da subrotina TENSA.

No comando 9503 são calculadas as tensões devidas às cargas permanentes, metade da móvel e à protensão, seguindo-se a verificação pela subrotina TENSA.

No comando 2020 são calculadas as tensões em serviço e em seguida são verificadas pela subrotina TENSA.

Em seguida são calculadas as forças cortantes em cada seção devidas à protensão pela subrotina FOCO. Este cálculo é feito no comando 442.

A este cálculo segue-se o comando 8005 onde são calculadas as forças cortantes hiperestáticas em cada seção pela subrotina COPO e a soma de todas as forças cortantes no comando 1005 e 1006.

No comando 2531 são calculadas as forças cortantes totais máxima e mínima.

Em seguida é feita a chamada da subrotina ALTU onde é calculada a altura do cabo resultante para cada seção, preparando o cálculo de verificação da ruptura por flexão.

Do comando 1937 até 1940 são feitas as verificações da fissuração e da ruptura à flexão.

As subrotinas envolvidas neste cálculo são pela ordem de chamada: ZOTRA, CABOS, FISAS e RUPTU, sendo que as três primeiras fazem a verificação da fissuração e a última a verificação à ruptura por flexão.

Na parte final do programa é feita a verificação da força cortante.

No comando 1071 é feita a chamada da subrotina VERC0 que calcula o número de cabos que estão na alma da viga e que tem a mesma altura em cada seção.

Do comando 5526 até o comando 5551 são calculadas as tensões principais na altura do centro de gravidade da seção e comparadas com os valores admissíveis. Esses cálculos são feitos para as solicitações máximas, mínimas e carga permanente.

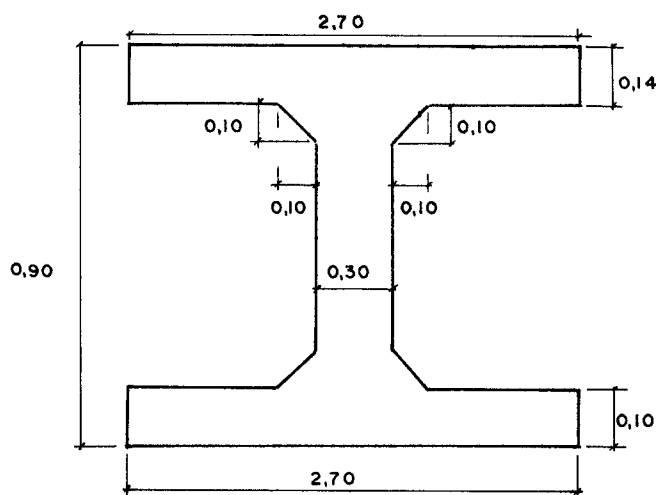
Do comando 5551 até o 5530 é feita a verificação da força cortante para o estado limite último e o cálculo da armadura transversal com seu espaçamento máximo.

V - EXEMPLOS

Foram feitos cinco traçados de cabos para uma viga contínua com três tramos de seção constante.

Os três primeiros exemplos são de 19 cabos de $12\phi 5\text{mm}$, com força de protensão inicial de 20t. para todos os cabos. Os dois últimos com 10 cabos de $12\phi 7\text{mm}$, sendo que 8 cabos têm como força de protensão inicial 40t. e 2 cabos 30t. (deve-se observar que essa composição serve apenas como um exemplo, não tendo caráter prático).

A viga tem como comprimentos dos vãos 14,20m; 24,00m e 14,20m respectivamente e a seção mostrada abaixo :



Outros valores adotados encontram-se na tabela abaixo :

| GRANDEZAS | $12\phi 5 \text{ mm}$ | $12\phi 7\text{mm}$ |
|------------------|--------------------------|-------------------------|
| σ_{ae} | 125000 kg/cm^2 | 125000 Kg/cm^2 |
| σ_{aT} | 140000 kg/cm^2 | 140000 kg/cm^2 |
| δ | 4,50 cm | 4,50 cm |
| α | 16000 kg/cm | 16000 kg/cm |
| S_a | 235 mm^2 | 462 mm^2 |
| σ_R | 400 kg/cm^2 | |
| E_a | 2100000 kg/cm^2 | |
| $\bar{\sigma}_f$ | 1500 kg/cm^2 | |
| σ_e | 2400 kg/cm^2 | |

V.1 - Primeiro exemplo

Partiu-se de um traçado com 19 cabos de $\phi 5\text{mm}$ com força de protensão inicial de 20 t em cada cabo.

As maiores perdas por atrito se deram nos cabos 11, 12 e 13 chegando a 34% no cabo número 13.

As tabelas abaixo mostram os esforços nas seções mais solicitadas.

Tensões em serviço (t/m^2)

| Seção | Tração | Compressão | arm.supl. |
|-------|--------|------------|-----------|
| 30 | 374 | -898 | - |
| 31 | 421 | -936 | - |

Forças cortantes (t)

| Seção | Protensão | Máxima | Mínima | Q_g | Q_p |
|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| 17 | 52,5 | -55,3 | -16,1 | -19,0 | -30,2 |
| 18 | 63,8 | -59,6 | -18,8 | -20,9 | -32,2 |
| 19 | 41,4 | -63,9 | -21,5 | -22,8 | -34,2 |

Momentos de ruptura (tm)

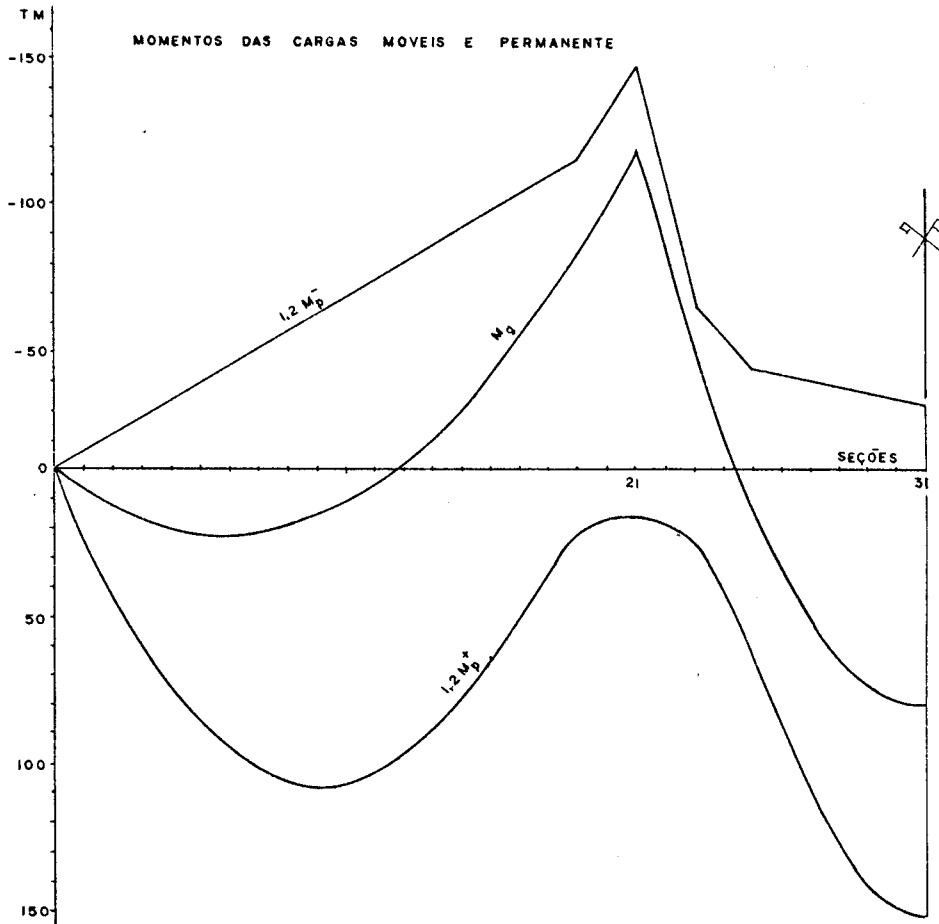
| Seção | Resistente | Solicitante | v |
|-------|------------|-------------|------|
| 30 | 475,7 | 397,3 | 1,20 |
| 31 | 475,7 | 413,3 | 1,15 |

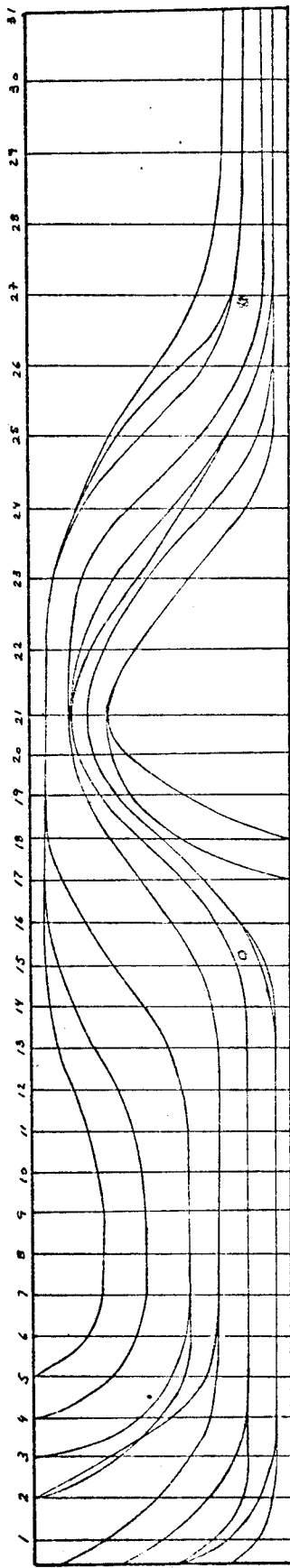
$$v = \frac{\text{Momento Resistente}}{\text{Momento Solicitante}}$$

As tensões mostradas foram calculadas com $1,2 M_{\bar{p}}$.

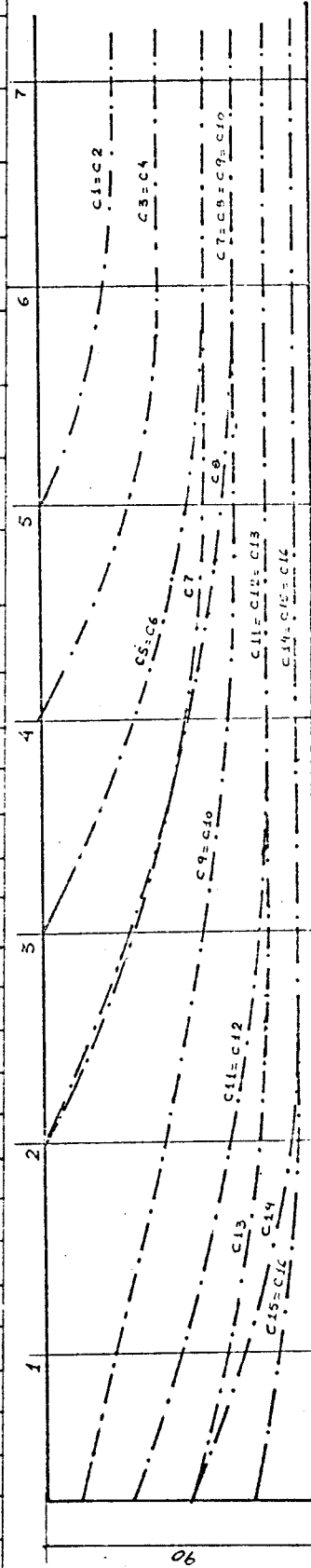
Para $1,2 M_{\bar{p}}$ as tensões calculadas tem valores menores, mas de ve ser prevista uma armadura suplementar de $3,9 \text{ cm}^2$ para a borda superior das seções 14 e 48.

Os momentos das cargas móveis e permanentes são representados na figura abaixo, sendo iguais para todos os exemplos.



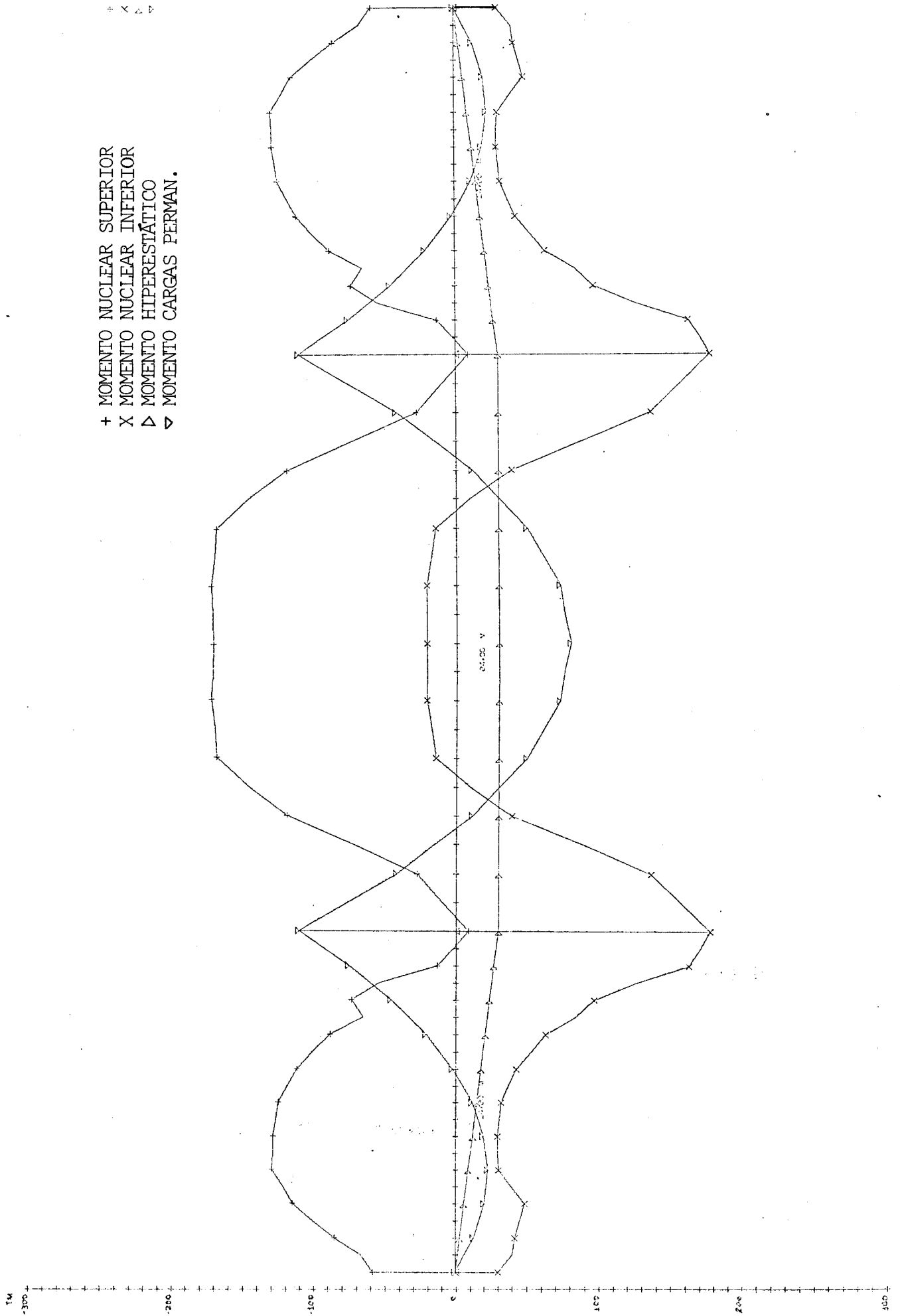


| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|----|---|
| 1=2 | -- | -- | 90 | 77.5 | 65 | 65 | 62.2 | 69.4 | 75 | 80.6 | 82.0 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 83.7 | 82.5 | 72.3 | 62.4 | 42.6 | 33.1 | 28 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | |
| 3=4 | -- | -- | 90 | 60 | 50 | 50 | 52.2 | 54.4 | 60.9 | 75 | 80.6 | 92.0 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 83.1 | 81.2 | 70.9 | 60.5 | 40.1 | 19.8 | 17.9 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| 5=6 | -- | 90 | 58 | 41.1 | 38 | 35 | 35 | 35 | 38.1 | 42 | 50.6 | 60 | 69.4 | 78.8 | 81.4 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 83.1 | 81.2 | 65.9 | 50.5 | 35.1 | 19.8 | 17.9 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| 7 | -- | 90 | 59.4 | 43 | 35 | 35 | 35 | 35 | 38.1 | 42 | 50.6 | 60 | 69.4 | 78.8 | 81.4 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 83.7 | 82.5 | 72.3 | 62.2 | 42.6 | 33.1 | 28 | 23 | 23 | 23 | 23 | 23 | |
| 8 | -- | 90 | 61.6 | 41 | 29.1 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 49.9 | 47.8 | 46.5 | 21.2 | 13.1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 9=10 | 64 | 49 | 35 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 74.6 | 72.5 | 51.3 | 31.1 | 20 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 11=12 | 44 | 38 | 18.3 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 75.2 | 72.5 | 51.8 | 31.1 | 20 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 13 | 38 | 18 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16.3 | 17.6 | 27.0 | 38.1 | 52.9 | 67.7 | 72.9 | 78 | 78 | 78 | 69.9 | 61.8 | 46.5 | 21.2 | 13.1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 14 | 23 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6.4 | 7.7 | 18.4 | 27.2 | 44.7 | 60.2 | 65.4 | 71 | 71 | 60.4 | 49.9 | 30.1 | 10.3 | 7.60 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 15=16 | 12 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 18.1 | 29.2 | 44.7 | 60.2 | 65.4 | 71 | 71 | 60.4 | 49.9 | 30.1 | 10.3 | 7.60 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 17=18 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 | 28.4 | 56.7 | 60.4 | 64 | 64 | 49.2 | 34.5 | 19.7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 19 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 0 | 35.6 | 49.9 | 64 | 64 | 49.2 | 34.5 | 19.7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |



- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.

- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.



V.2 - Segundo exemplo

Este exemplo tem o mesmo número de cabos com mesmos diâmetros, protendidos com as mesmas forças do primeiro exemplo.

Foi obtido mudando-se as posições dos cabos de números 1 até 7.

Os cabos 1 = 2 e 3 = 4 foram abaixados nas seções dos apoios in ternos, de modo que ficassem com as mesmas ordenadas do primeiro exemplo no meio do vão central.

O cabo 7 foi abaixado até a posição do cabo 8, sendo que os de mais cabos ficaram com as mesmas cotas.

Tensões em serviço (t/m²)

| Seção | Tração | Compressão | arm. supl. |
|-------|--------|------------|----------------------|
| 30 | 398 | -926 | - |
| 31 | 445 | -965 | 22,7 cm ² |

Forças cortantes (t)

| Seção | Protensão | Máxima | Mínima | Q _g | Q _p |
|-------|-----------|--------|--------|----------------|----------------|
| 17 | 55,2 | -55,3 | -16,1 | -19,0 | -30,2 |
| 18 | 68,4 | -59,6 | -18,8 | -20,9 | -32,2 |
| 19 | 45,4 | -63,9 | -21,5 | -22,8 | -34,2 |

Momentos de ruptura (t m)

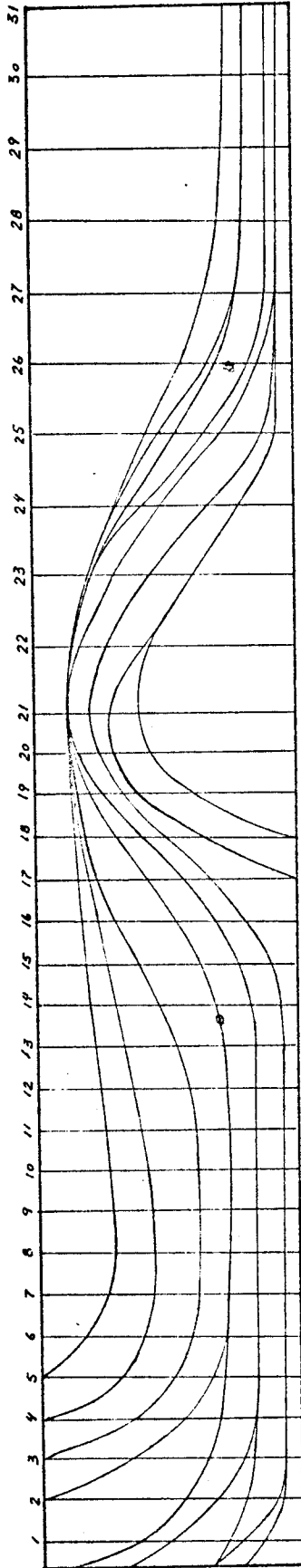
| Seção | Resistente | Solicitante | v |
|-------|------------|-------------|------|
| 30 | 481,6 | 407,2 | 1,18 |
| 31 | 481,6 | 423,2 | 1,14 |

$$v = \frac{\text{Momento Resistente}}{\text{Momento Solicitante}}$$

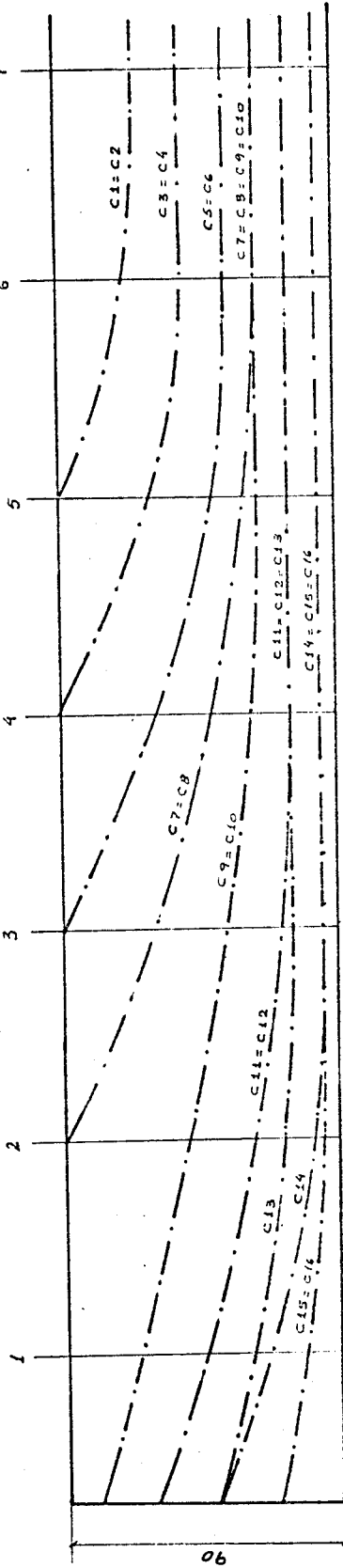
As tensões calculadas com $1,2M_p$ tem valores menores que as tensões mostradas na tabela, mas deve ser prevista uma armadura suplementar na borda superior das seções 13, 14, 15, 16, 17 e 20 e as respectivas seções simétricas.

Para as seções 15 e 47 a armadura é $10,1 \text{ cm}^2$ e para as seções 17 e 45 é $7,8 \text{ cm}^2$.

Não se conseguiu com esse traçado melhorar os resultados obtidos no primeiro exemplo.



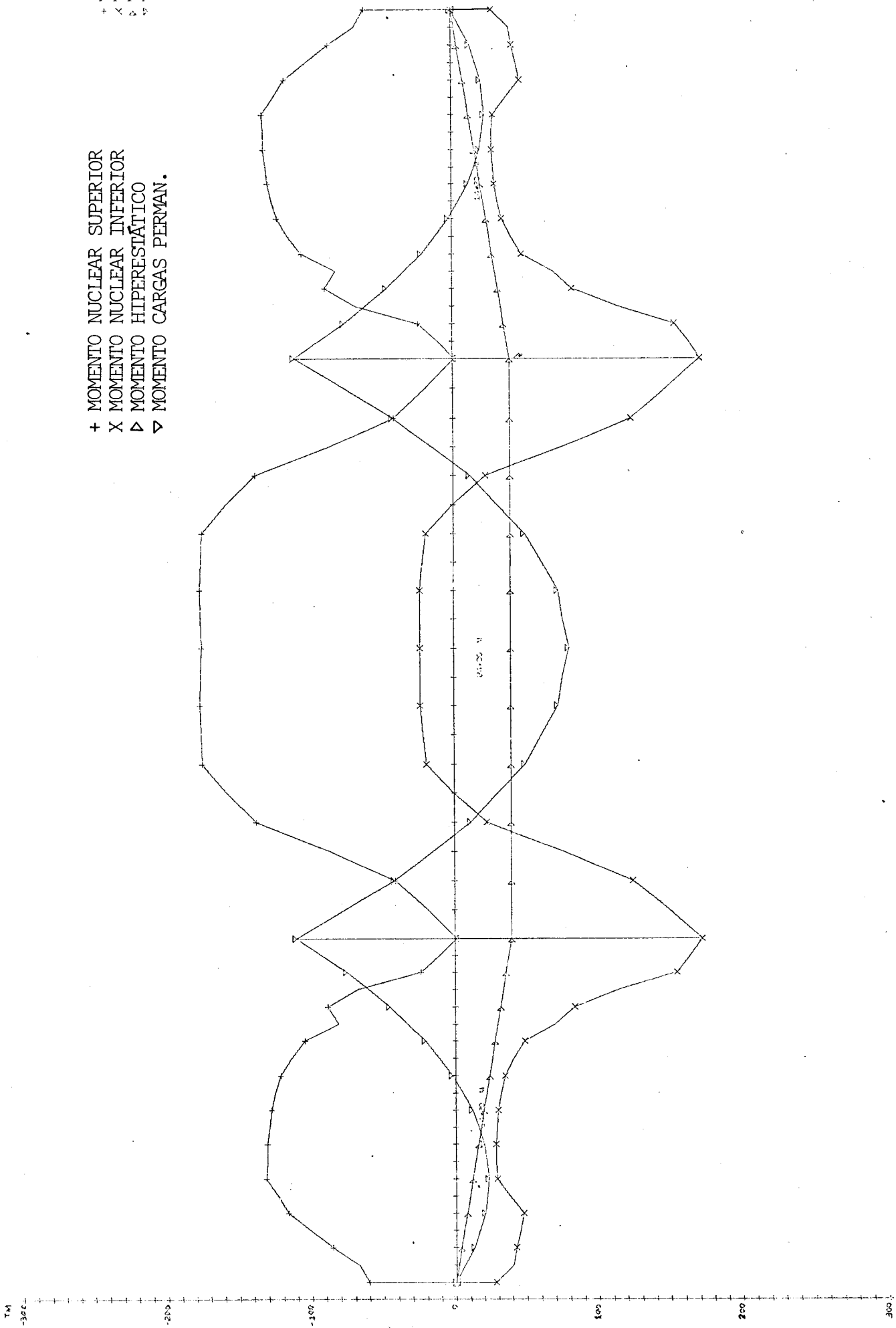
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|------|----|------|------|------|----|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|
| 1=2 | — | — | — | 90 | 77.5 | 65 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 70 | 71 | 72 | 73.5 | 75 | 76 | 77 | 77.9 | 78 | 76 | 71.5 | 62 | 50 | 38 | 30.5 | 25.5 | 23 | 23 | 23 | 23 |
| 3=4 | — | — | — | 90 | 60 | 55 | 50 | 50 | 52 | 54 | 56.5 | 60 | 63.2 | 66 | 69 | 72 | 74.5 | 76.5 | 77.4 | 78 | 76 | 70.6 | 60.6 | 45 | 30.5 | 19.5 | 17.9 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| 5=6 | — | — | — | 90 | 58 | 41.1 | 38 | 35 | 35 | 35 | 38.7 | 41.2 | 47 | 55 | 62.5 | 63.8 | 72.5 | 75.5 | 76.4 | 78 | 76 | 69.2 | 56.8 | 40 | 27 | 19.5 | 17.9 | 16 | 16 | 16 | |
| 7=8 | — | — | — | 70 | 77.6 | 41 | 29.1 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25.3 | 28.3 | 31.6 | 41.5 | 51.5 | 61.4 | 71.4 | 74.7 | 78 | 69.9 | 61.8 | 46.5 | 21.2 | 13.1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 9=10 | 59 | 44 | 35 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25.3 | 27.6 | 31.6 | 41.5 | 51.5 | 61.4 | 71.4 | 74.7 | 78 | 74.8 | 72.5 | 51.3 | 31.1 | 20 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 11=12 | 74 | 35 | 23.3 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16.3 | 17.6 | 27.3 | 33.1 | 54.9 | 72.7 | 73.3 | 78 | 75.2 | 72.5 | 51.3 | 31.1 | 20 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 13 | 29 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16.3 | 17.6 | 27.6 | 33.1 | 52.9 | 67.7 | 72.3 | 78 | 64.9 | 61.8 | 46.5 | 21.2 | 13.1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 14 | 23 | 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6.4 | 7.6 | 18.4 | 29.2 | 44.7 | 60.2 | 65.6 | 71 | 60.4 | 49.9 | 30.1 | 10.3 | 7.6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 15=16 | 12 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 18.1 | 29.2 | 44.7 | 60.2 | 65.6 | 71 | 60.4 | 49.9 | 30.1 | 10.3 | 7.6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 17=18 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 | 29.4 | 56.9 | 60.7 | 64 | 47.2 | 34.5 | 19.7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 | 35.6 | 47.3 | 64 | 49.2 | 34.5 | 19.7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |



06

- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.

- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.



V.3 - Terceiro exemplo

Foi feita outra tentativa a partir do primeiro exemplo.

Os cabos 7 e 8 que saiam do topo da viga agora tem sua ancora gem na cabeceira, tendo ambos, as mesmas cotas. Para tanto, o cabo 7 foi abai xado e o 8 levantado na parte central do vão interno.

Tensões em serviço (t/m²)

| Seção | Tração | Compressão | Arm. supl. |
|-------|--------|------------|------------|
| 30 | 340 | -884 | - |
| 31 | 387 | -922 | - |

Forças cortantes (t)

| Seção | Protensão | Máxima | Mínima | Q _g | Q _p |
|-------|-----------|--------|--------|----------------|----------------|
| 17 | 49,6 | -55,3 | -16,1 | -19,0 | -30,2 |
| 18 | 58,9 | -59,6 | -18,8 | -20,9 | -32,2 |
| 19 | 37,9 | -63,9 | -21,5 | -22,8 | -34,2 |

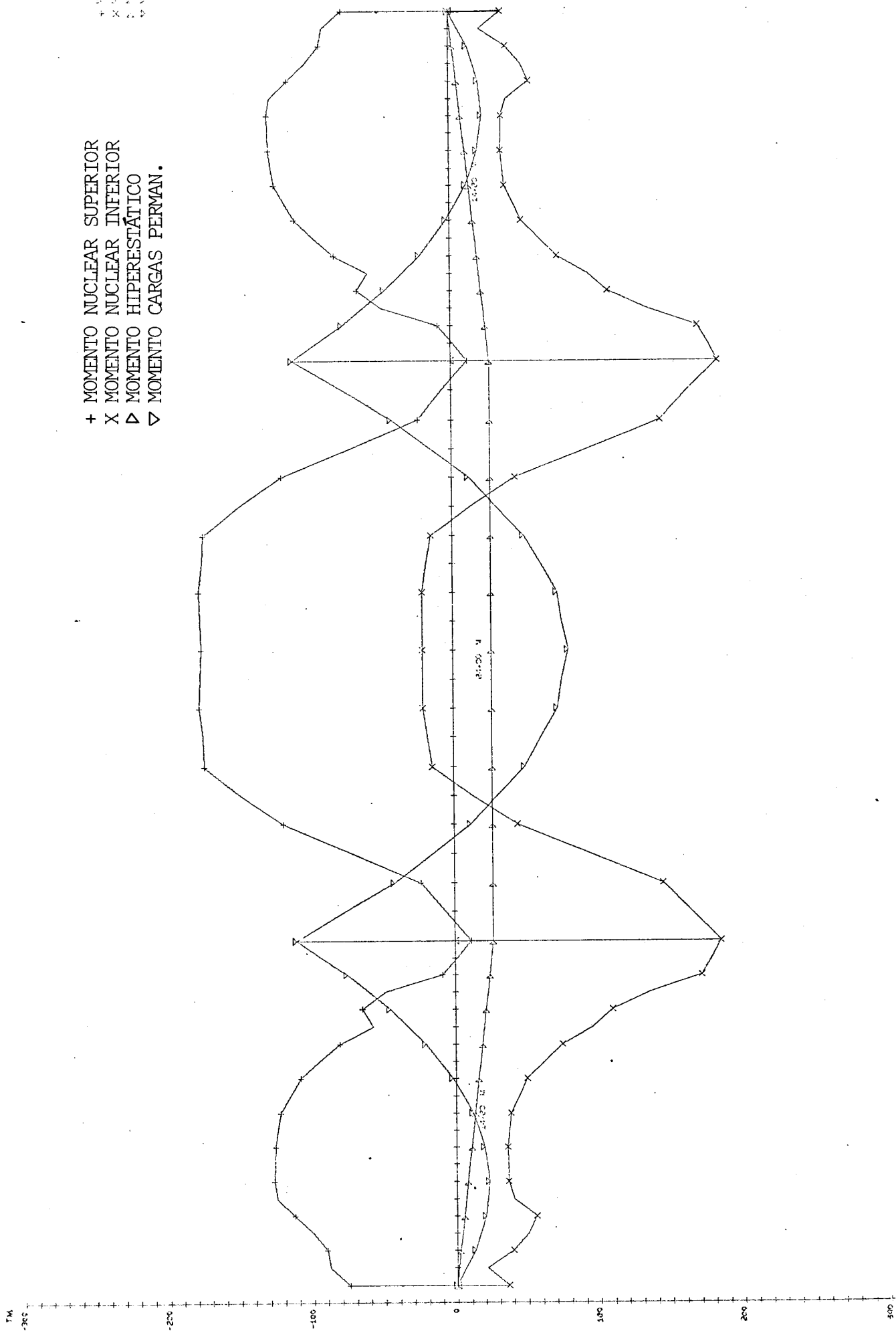
Momentos de ruptura (t m)

| Seção | Resistente | Solicitante | v |
|-------|------------|-------------|------|
| 30 | 474,4 | 394,1 | 1,20 |
| 31 | 474,4 | 410,2 | 1,16 |

Essa mudança provocou uma redução nas tensões em serviço e na força cortante, e um acréscimo na segurança da ruptura à flexão.

A máxima perda por atrito se deu nos cabos 3 e 4 e atingiu 32%, menor que nos dois primeiros exemplos.

- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.



1. MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
2. MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
3. MOMENTO HIPERESTÁTICO
4. MOMENTO CARGAS PERMAN.

2000
1000
0
-1000
-2000
TM 536

V.4 - Quarto exemplo

Tentou-se um traçado que apresentasse um número menor de cabos e boas condições de segurança.

Foram usados 10 cabos de $\phi 7\text{mm}$ sendo que oito foram protendidos com 40 t e dois com 30 t.

Tensões em serviço (t/m^2)

| Seção | Tração | Compressão | Arm. supl. |
|-------|--------|------------|--------------------|
| 30 | 380 | -916 | - |
| 31 | 427 | -954 | 18,1 cm^2 |

Forças cortantes (t)

| Seção | Protensão | Máxima | Mínima | Q_g | Q_p |
|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| 17 | 70,5 | -55,3 | -16,1 | -19,0 | -30,2 |
| 18 | 58,4 | -59,6 | -18,8 | -20,9 | -32,2 |
| 19 | 41,9 | -63,9 | -21,5 | -22,8 | -34,2 |

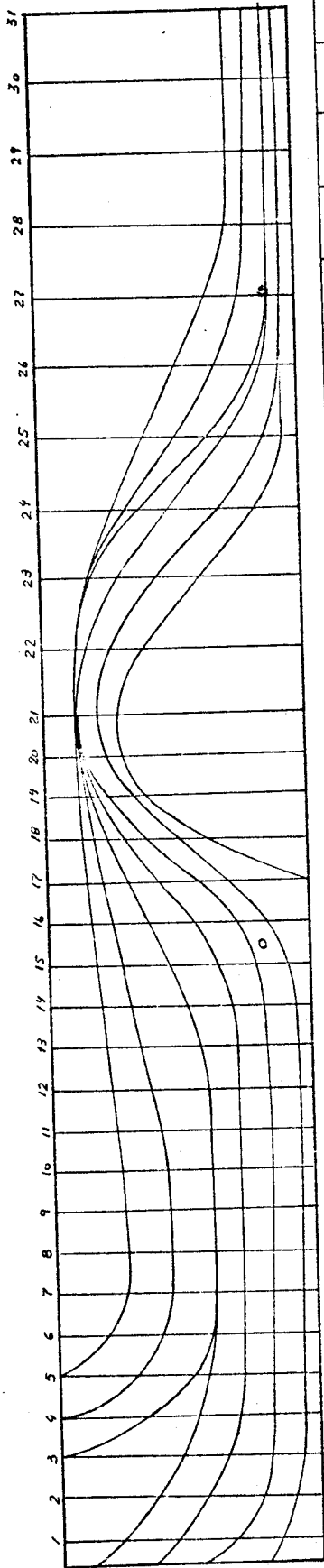
Momentos de ruptura (t m)

| Seção | Resistente | Solicitante | v |
|-------|------------|-------------|------|
| 30 | 489,6 | 400,5 | 1,22 |
| 31 | 489,6 | 416,6 | 1,17 |

Embora as tensões acima sejam valores máximos, em outras seções em que há tensões de tração, deve ser prevista uma pequena armadura suplementar já calculada.

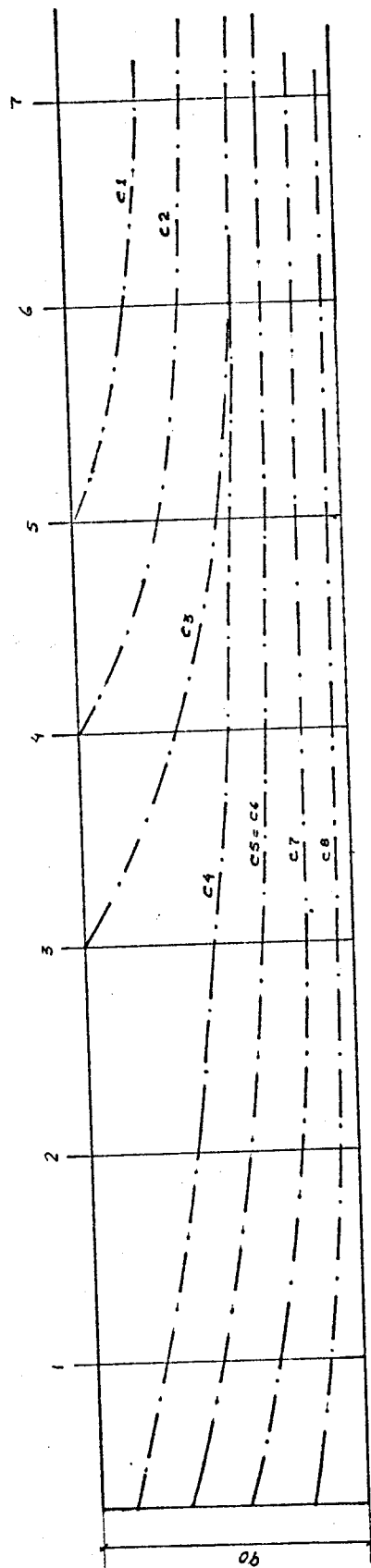
Não se conseguiu melhorar os valores das tensões e das forças cortantes embora tenha aumentado a resistência à ruptura por flexão.

A máxima perda por atrito foi de 30% para o cabo 3.



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|----|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------|----|----|----|----|
| 1 | — | — | — | 90 | 70 | 65 | 65 | 65.5 | 67 | 68.5 | 69.5 | 70.5 | 72 | 75 | 74 | 75.5 | 77 | 77.5 | 78 | 77 | 72.5 | 63.5 | 52.5 | 42 | 32 | 25.5 | 23 | 23 | 23 | |
| 2 | — | — | — | 90 | 60.5 | 53.5 | 50 | 50 | 51 | 52.5 | 55.5 | 59.5 | 61 | 64 | 67 | 70 | 73 | 75 | 77 | 79 | 77 | 72.5 | 60 | 42 | 28 | 19 | 17 | 16 | 16 | 16 |
| 3 | — | — | — | 90 | 59 | 42 | 36 | 35 | 35 | 35 | 35.5 | 38.5 | 42.5 | 47.5 | 54.5 | 61.5 | 68 | 73.5 | 76.5 | 78 | 77 | 72.5 | 60 | 42 | 28 | 19 | 17 | 16 | 16 | 16 |
| 4 | 67 | 54.5 | 46 | 40.5 | 37 | 35.5 | 35 | 35 | 35 | 35.5 | 38.5 | 42.5 | 47.5 | 54.5 | 61.5 | 68 | 73.5 | 76.5 | 78 | 77 | 72.5 | 60 | 42 | 28 | 19 | 17 | 16 | 16 | 16 | |
| 5=6 | 47.5 | 37 | 30.5 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 27 | 31.5 | 40 | 57 | 62.5 | 71.5 | 74.5 | 78 | 76.5 | 72.5 | 55 | 31 | 16 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 7 | 28 | 18 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15.5 | 17.5 | 24.5 | 38 | 54.5 | 67.5 | 73.5 | 78 | 73.5 | 62 | 44 | 25 | 14.5 | 9 | 9 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 8 | 11 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5.5 | 7 | 14.5 | 27 | 40.5 | 60 | 69 | 71 | 66 | 50 | 28 | 11 | 6.50 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 9=10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 | 35 | 57 | 63 | 64 | 55 | 35 | 14.5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

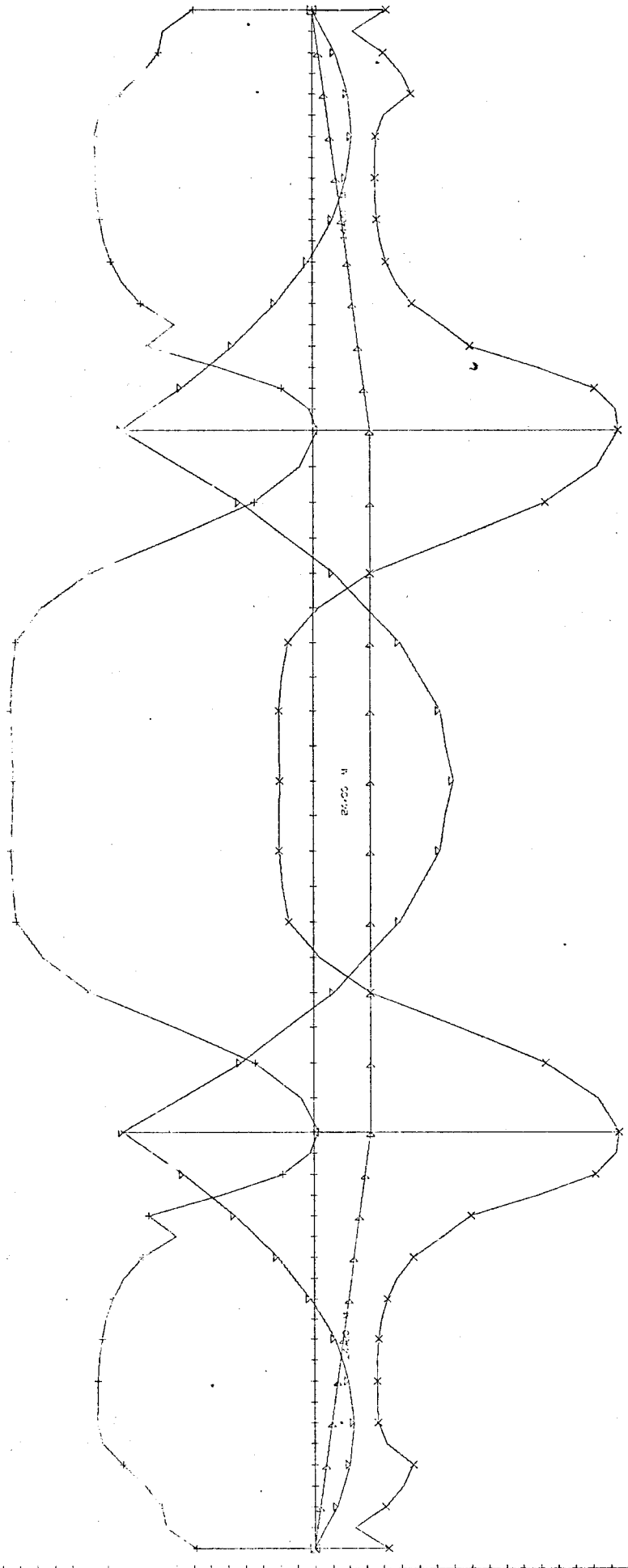
CABOS 9 e 10 com 301 cada um; do 1 ao 8 com 401



- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.

- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.

TM -300 -200 0 100 200 300



V.5 - Quinto exemplo

Neste último exemplo procurou-se melhorar os valores encontrados no quarto exemplo.

Os cabos 1, 2, 3 e 4 foram levantados sobre os apoios internos e mantidas suas cotas na parte central do vão interno da viga.

Tensões em serviço (t/m^2)

| Seção | Tração | Compressão | Arm. supl. |
|-------|--------|------------|------------|
| 30 | 353 | -881 | - |
| 31 | 400 | -919 | - |

Forças cortantes (t)

| Seção | Protensão | Máxima | Mínima | Q_g | Q_p |
|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| 16 | 39,7 | -51,1 | -12,9 | -17,1 | -28,3 |
| 17 | 67,3 | -55,3 | -16,1 | -19,0 | -30,2 |
| 18 | 52,2 | -59,6 | -18,8 | -20,9 | -32,2 |

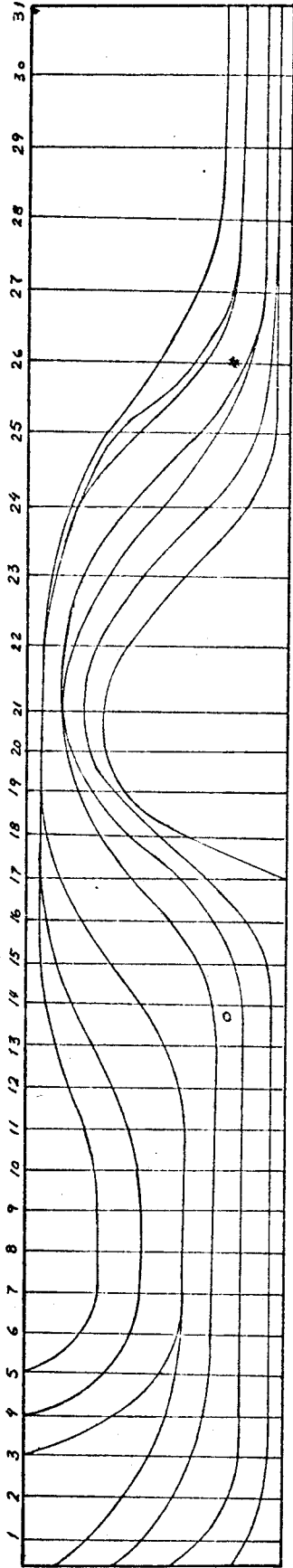
Momentos de ruptura (t m)

| Seção | Resistente | Solicitante | v |
|-------|------------|-------------|------|
| 30 | 489,6 | 391,4 | 1,25 |
| 31 | 489,6 | 407,5 | 1,20 |

Neste exemplo encontrou-se valores bem melhores que os dos exemplos anteriores.

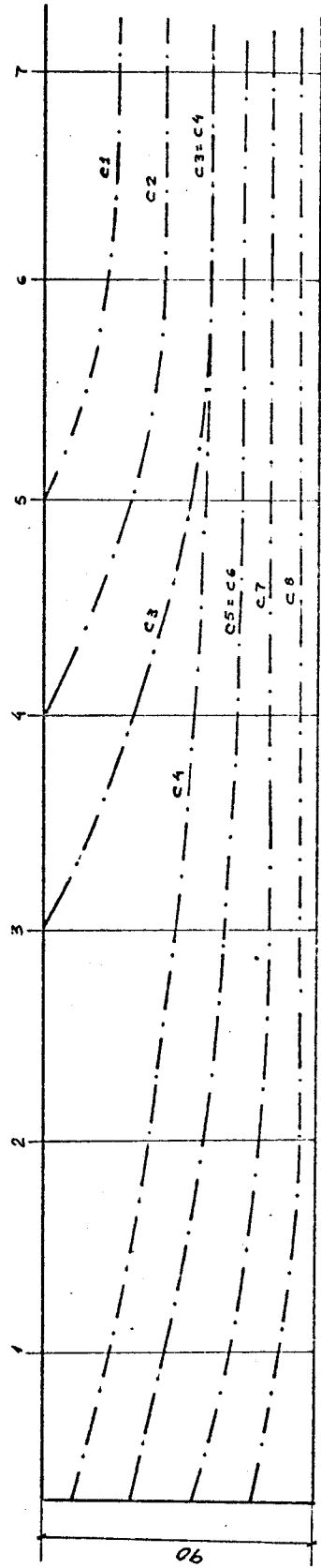
Com esses exemplos não se tentou apenas conseguir um traçado de cabos que fosse mais econômico e mais seguro, mas também, mostrar a utilidade desse programa no projeto de vigas contínuas protendidas através da análise de vários traçados, cujos cálculos e verificações foram feitos em poucos minutos.

No segundo volume deste trabalho encontram-se todos os resultados em cada vigésimo dos vãos.



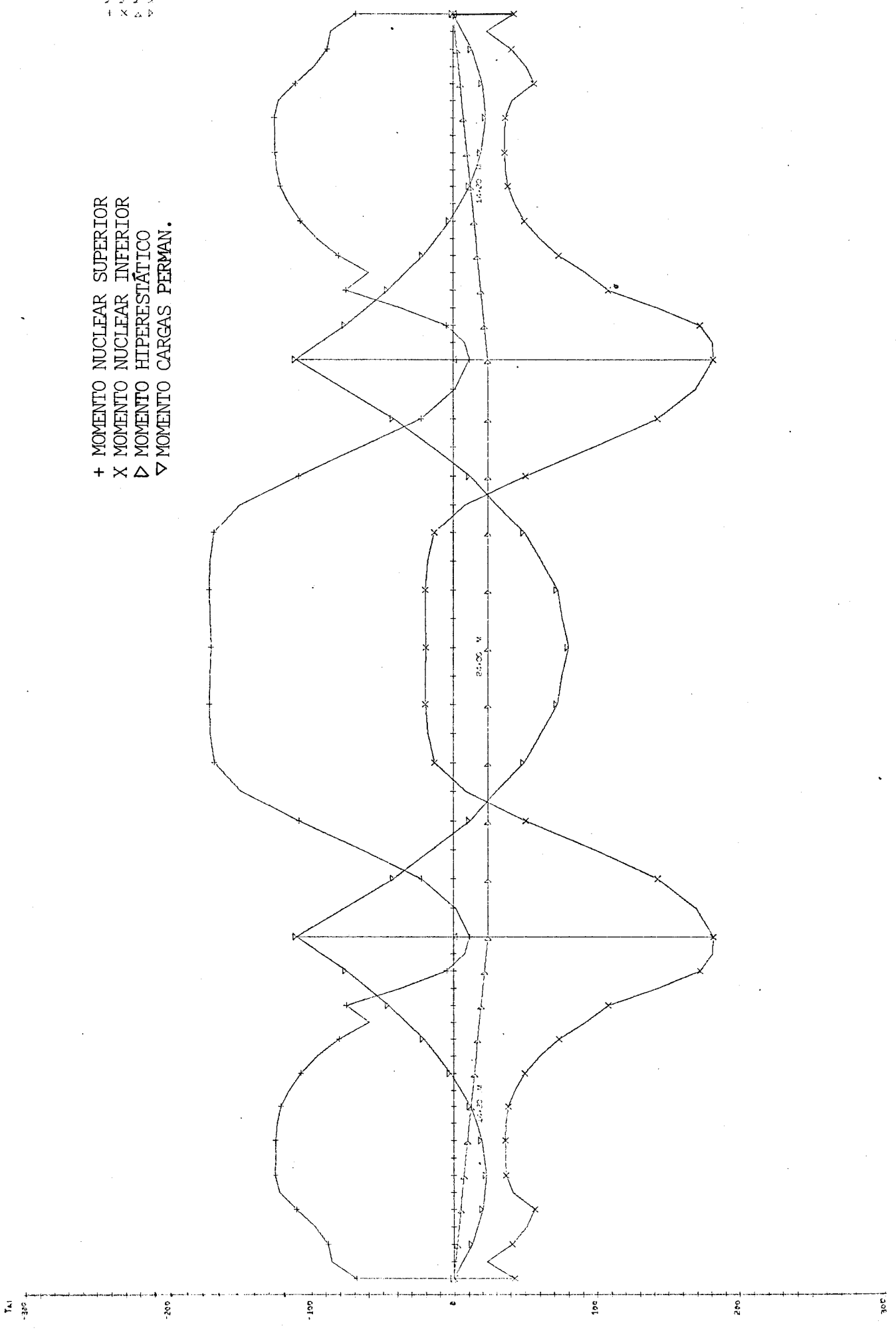
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|----|------|------|----|----|------|------|------|------|----|------|------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|----|----|----|----|---|
| 1 | — | — | — | 90 | 70 | 65 | 65 | 64.5 | 69.5 | 75 | 80 | 83.5 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 84 | 82.5 | 75 | 62.5 | 45.5 | 32.5 | 25.5 | 23 | 23 | 23 | 23 | |
| 2 | — | — | — | 90 | 60.5 | 53.5 | 50 | 50 | 51 | 54 | 60 | 67 | 74.5 | 80 | 82.5 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 83.5 | 80.5 | 73 | 60 | 33 | 20 | 17 | 16 | 16 | 16 | |
| 3 | — | — | — | 90 | 59 | 42 | 36 | 35 | 35 | 35 | 37 | 41.5 | 50 | 60 | 70.5 | 79 | 83 | 85 | 85 | 85 | 83.5 | 80.5 | 73 | 60 | 33 | 20 | 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| 4 | 67 | 54.5 | 46 | 40.5 | 37 | 35.5 | 35 | 35 | 35 | 35 | 37 | 41.5 | 50 | 60 | 70.5 | 79 | 83 | 85 | 85 | 85 | 83.5 | 80.5 | 73 | 60 | 33 | 20 | 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | |
| 5=6 | 47.5 | 37 | 30.5 | 27 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 27 | 31.5 | 40 | 57 | 62.5 | 71.5 | 76.5 | 78 | 76.5 | 72.5 | 55 | 31 | 16 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 7 | 28 | 18 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 17.5 | 24.5 | 30 | 38.5 | 47.5 | 55 | 62 | 73.5 | 62 | 44 | 25 | 14.5 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | |
| 8 | 11 | 7 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 14.5 | 29 | 40.5 | 60 | 69 | 71 | 66 | 50 | 28 | 11 | 6.5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | |
| 9=10 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 | 35 | 57 | 63 | 64 | 55 | 35 | 14.5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

CABOS 9 e 10 com 30t cada um; do 1 ao 8 com 40t



- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.

- + MOMENTO NUCLEAR SUPERIOR
- X MOMENTO NUCLEAR INFERIOR
- ▷ MOMENTO HIPERESTÁTICO
- ▽ MOMENTO CARGAS PERMAN.



VI - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho pretendeu-se dar um passo na automatização do cálculo de vigas contínuas protendidas.

Não se pode porém, considerar a presente programação como uma versão definitiva, pois poderão ser introduzidas modificações que diminuirão o tempo de processamento e o número de setores ocupados no disco.

Observou-se que, com vigas de três tramos, o número de setores ocupados é muito grande sendo impraticável o processamento para vigas com maior número de tramos. Pode-se contornar este problema usando-se um computador com maior capacidade de memória do que o IBM-1130 com 32 k ou transformando-se a programação atual, que é para vigésimos dos vãos para décimos dos vãos ou ainda refinando-se a programação apresentada com a introdução do COMMON.

Embora seja um programa em que se procurou eliminar qualquer tipo de particularização, nota-se que se fosse feito para vigas com seções variáveis a generalização seria quase que total. Observa-se porém, que tal transformação só pode ser feita com mudanças radicais na programação.

Este trabalho pode ser enriquecido acrescentando-se o cálculo de perdas por retração e deformação lenta que seriam somadas às perdas por atrito através de adequada programação.

Para se ter uma visão panorâmica dos esforços cortantes ao longo das vigas pode-se acrescentar uma subrotina que trace em gráfico os valores das forças cortantes, tanto da protensão como das cargas móveis e permanentes.

Este programa poderia ser precedido por outro que calculasse os esforços das cargas externas e fornecesse esses esforços ao programa ora apresentado, facilitando de maneira total o cálculo das vigas contínuas protendidas.

VII - LISTAGEM

A seguir vem a listagem do programa. No segundo volume encontram-se os resultados dos exemplos apresentados no capítulo V.

```
SUBROUTINE TENSA(IV,SIGR,TEBS,TEBI,SIGT,K)
DIMENSION TEBS(1),TEBI(1)
IF(K-2)90,90,91
90 SIGT=0.
GO TO 92
91 SIGT=0.06*SIGR+70.
92 DO 100 I=1,IV
IF(TEBI(I))10,20,20
10 IF(ABS(TEBI(I))-SIGR/2.)30,30,40
30 IF(TEBS(I))70,60,60
70 IF(ABS(TEBS(I))-SIGR/2.)50,50,40
60 IF(TEBS(I)-2.*SIGT)50,50,40
20 IF(TEBI(I)-2.*SIGT)31,31,40
31 IF(ABS(TEBS(I))-SIGR/2.)50,50,40
50 CONTINUE
IF(K-2)100,100,93
93 WRITE(3,1) I,TEBI(I),TEBS(I)
1 FORMAT(2X,I2,6X,F5.0,5X,F5.0,3X,'SEGURO')
GO TO 100
40 WRITE(3,2) I,TEBI(I),TEBS(I)
2 FORMAT(2X,I2,6X,F5.0,5X,F5.0,3X,'INSEGURO')
100 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE FORPE(C,IV,PERDA,P,ITEST,PP)
INTEGER C
DIMENSION PERDA(19,61),PERTO(19,61),PP(19,61),P(1),ITEST(1)
DO 300 I=1,C
300 PERTO(I,1)=0.
DO 400 I=1,C
IF(ITEST(I))20,21,20
20 PP(I,1)=P(I)*PERDA(I,1)
GO TO 500
21 PP(I,IV)=P(I)
500 DO 100 J=2,IV
JC=J-1
IF(ITEST(I))80,85,90
80 PP(I,J)=PP(I,JC)*PERDA(I,J)
PERDO=0.
GO TO 100
85 JK=IV-J+2
JT=JK-1
PP(I,JT)=PP(I,JK)*PERDA(I,JK)
PERDO=0.
GO TO 100
90 IF(PERDA(I,JC)-1.)101,102,102
102 PERTO(I,JC)=0.
PERTO(I,J)=PERTO(I,JC)-ALOG(PERDA(I,J))
GO TO 100
101 IF(PERDA(I,J)-1.)103,103,104
103 PERTO(I,J)=PERTO(I,JC)-ALOG(PERDA(I,J))
104 PERDO=PERTO(I,J)
100 CONTINUE
PERME=PERDO/2.
IF(ITEST(I))400,400,45
45 DO 200 J=2,IV
JC=J-1
IF(PERME-PERTO(I,J))60,60,70
60 IF(PERME-PERTO(I,JC))26,26,70
26 PP(I,J)=PP(I,JC)/PERDA(I,J)
GO TO 200
70 PP(I,J)=PP(I,JC)*PERDA(I,J)
200 CONTINUE
400 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE INVR(A,N)
DIMENSION A(4,4)
IF(N-1)8,9,8
9 A(1,1)=1./A(1,1)
GO TO 10
8 DO 11 I=1,N
  AUX=A(I,I)
  A(I,I)=1.
  DO 12 J=1,N
12 A(I,J)=A(I,J)/AUX
  DC 13 K=1,N
  IF(I-K)14,13,14
14 AUX=A(K,I)
  A(K,I)=0.
  DO 15 M=1,N
  A(K,M)=A(K,M)-AUX*A(I,M)
15 CONTINUE
13 CONTINUE
11 CONTINUE
10 RETURN
END
```

```
SUBROUTINE CARDS(C,IV,Y,XH,CT,PF,PP,SA1,SAT,DH1,KV)
INTEGER C
DIMENSION Y(20,61),XH(1),CT(1),PF(1),SA1(1),SAT(1),PP(19,61)
DO 200 J=1,IV
  JT=J
  IF(XH(JT))200,200,50
50 DO 100 I=1,C
  IF(Y(I,J))100,60,60
60 IF(KV-1)30,30,70
30 IF(XH(JT)-Y(I,J))100,40,40
40 CT(JT)=CT(JT)+1.
  PF(JT)=PF(JT)+PP(I,J)
  SAT(JT)=SAT(JT)+SA1(I)
  GO TO 100
70 IF(DH1-Y(I,J)-XH(J))40,40,100
100 CONTINUE
200 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE ZOTRA(IV,TBIC,TBSC,DH1,XH,C)
INTEGER C
DIMENSION TBIC(1),TBSC(1),XH(1)
DO 100 I=1,IV
IF(TBIC(I))10,10,20
20 XH(I)=ABS(TBIC(I))*DH1/(ABS(TBSC(I))+ABS(TBIC(I)))
GO TO 100
10 XH(I)=0.
100 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE HIPER(NN,M,AM4,AM2,X,ESFH,KK)
DIMENSION ESFH(63)
KT=KK-1
DO 90 I=2,NN
IF(M-KK) 100,100,99
100 K=I-NN
X=K*(AM4-AM2)/20.
IT=KT*NN+I-KT
ESFH(IT)=(AM4+X)
GO TO 90
99 K=I-1
X=K*(AM4-AM2)/20.
IT=KT*NN+I-KT
ESFH(IT)=(AM2+X)
90 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE COPO(NN,L,AM4,AM2,QH,I)
REAL L
DIMENSION QH(63)
IO=I-1
DO 1007 IXI=1,NN
JXI=IO*NN+IXI
QH(JXI)=(AM4-AM2)/L
1007 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE ANUCL(PP,IV,C,YG,Y,KL,K2L,ESF1,ESF2)
REAL KL,K2L
INTEGER C
DIMENSION Y(20,61),ESF1(19,61),ESF2(19,61),PP(19,61)
DO 100 I=1,C
DO 101 J=1,IV
JT=J
IF(Y(I,J)) 50,40,40
50 ESF1(I,JT)=C.
ESF2(I,JT)=C.
GO TO 101
40 CONTINUE
ESF1(I,JT)=-PP(I,J)*(YG-Y(I,J)+KL)
ESF2(I,JT)=-PP(I,J)*(YG-Y(I,J)-K2L)
101 CONTINUE
100 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE ALTU(IV,C,Y,YM,CT1,SAT1,SA1,PF1,PP)
INTEGER C
DIMENSION YM(1),Y(20,61),CT1(1),SAT1(1),SA1(1),PF1(1)
DIMENSION PP(19,61)
DO 10 JJ=1,IV
DO 10 I=1,C
J=JJ
IF(Y(I,JJ))10,40,40
40 YM(J)=YM(J)+Y(I,JJ)
CT1(J)=CT1(J)+1.
SAT1(J)=SAT1(J)+SA1(I)
PF1(J)=PF1(J)+PP(I,J)
10 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE AMCM(M,C,YG,Y,NN,L,PP,AML,J)
REAL L
INTEGER C
DIMENSION Y(20,61),AML(10,4),PP(19,61)
DO 100 I=1,C
  JS=J-1
  JD=J*NN-20-JS
  JK=JS*NN+NN-JS
  JC=J*NN-19-JS
  IF(Y(I,JD))10,20,20
10 IF(Y(I,JK))41,42,42
  42 EN=(YG-Y(I,JK))*PP(I,JK)
  GO TO 31
41 EN=0.
31 EC=0.
  EXT=0.
  JL=JK-1
  DO 30 K=JC,JL
  IF(Y(I,K))30,80,80
80 KR=K-20*JS-1
  EC=EC+KR*(YG-Y(I,K))*PP(I,K)
  EXT=EXT+(YG-Y(I,K))*PP(I,K)
30 CONTINUE
  EB=EN*10.
  ET=EB+EC
  SIGXE=ET/20.
  E12=EN/2.
  E11=0.
  GO TO 40
20 IF(Y(I,JK))43,44,44
44 EN=(YG-Y(I,JK))*PP(I,JK)
  GO TO 32
43 EN=0.
32 E1=(YG-Y(I,JD))*PP(I,JD)
  EC=0.
  EXT=0.
  JL=JK-1
  DO 94 K=JC,JL
  KR=K-20*JS-1
  IF(Y(I,K))94,92,92
92 EC=EC+KR*(YG-Y(I,K))*PP(I,K)
  EXT=EXT+(YG-Y(I,K))*PP(I,K)
94 CONTINUE
  E11=E1/2.
  E12=EN/2.
  EB=EN*10.
  ET=EB+EC
  SIGXE=ET/20.
40 SIGME=EXT+E11+E12
  AMEPA=-6.*(SIGXE-2.*SIGME/3.)/20.
  AMEPB=-2.*AMEPA+6.*(SIGME-SIGXE)/20.
  RA=(AMEPA-AMEPB)/L
  RB=-RA
  AML(J,2)=AML(J,2)-AMEPA
  AML(J,4)=AML(J,4)+AMEPB
  AML(J,1)=AML(J,1)+RA
  AML(J,3)=AML(J,3)+RB
100 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE FOCO(M,P,PP,L,Y,C,NN,QP,QCP,KT)
REAL L
INTEGER C
DIMENSION PP(19,61),QCP(20,63)
DIMENSION Y(20,61),CP(20,63),P(1)
K1=KT-1
DO 101 I=1,C
DO 100 J=1,NN
JX=K1*NN-K1+1
JK=K1*NN+J-K1
NK=KT*NN-K1
J3=JK+2
J2=JK+1
IF(Y(I,JK))10,20,20
10 JT=K1*NN+J
QP(I,JT)=0.
QCP(I,JT)=0.
GO TO 100
20 J1=JK-1
IF(J1-JX+1)60,60,50
60 JT=K1*NN+J
ANG=20.*(-1.5*Y(I,JK)-0.5*Y(I,J3)+2.*Y(I,J2))/L
SANG=ANG/SQRT(1.+ANG**2.)
QP(I,JT)=P(I)*SANG
QCP(I,JT)=PP(I,JK)*SANG
GO TO 100
50 IF(Y(I,J1))30,40,40
30 JT=K1*NN+J
ANG=20.*(-1.5*Y(I,JK)-0.5*Y(I,J3)+2.*Y(I,J2))/L
SANG=ANG/SQRT(1.+ANG**2.)
QP(I,JT)=P(I)*SANG
QCP(I,JT)=PP(I,JK)*SANG
GO TO 100
40 K=JK+1
IF(K-NK)80,80,90
90 J4=JK-2
J5=JK-1
JT=K1*NN+J
ANG=-20.*(-1.5*Y(I,JK)-0.5*Y(I,J4)+2.*Y(I,J5))/L
SANG=ANG/SQRT(1.+ANG**2.)
QP(I,JT)=P(I)*SANG
QCP(I,JT)=PP(I,JK)*SANG
GO TO 100
80 IF(Y(I,K))70,99,99
70 JT=K1*NN+J
J4=JK-2
J5=JK-1
ANG=-20.*(-1.5*Y(I,JK)-0.5*Y(I,J4)+2.*Y(I,J5))/L
SANG=ANG/SQRT(1.+ANG**2.)
QP(I,JT)=P(I)*SANG
QCP(I,JT)=PP(I,JK)*SANG
GO TO 100
99 JT=K1*NN+J
ANG=-10.*(Y(I,J1)-Y(I,K))/L
SANG=ANG/SQRT(1.+ANG**2.)
QP(I,JT)=P(I)*SANG
QCP(I,JT)=PP(I,JK)*SANG
100 CONTINUE
101 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE ATRIT(M,NN,C,Y,LA,LB,PERDA,ITEST,K)
REAL LA,LB
INTEGER C
DIMENSION PERDA(19,61),Y(20,61),ITEST(1)
NN1=NN-1
K1=K-1
EFE=0.3
EFEL=0.003
NX=K1*NN-K1+1
ITI=M*NN-M+1
DO 150 I=1,C
DO 100 JX=1,NN1
J=K1*NN+JX-K1
IF(J-ITI)51,51,150
51 JS=J+1
JL=J-1
JK=J+2
JU=J-2
IF(Y(I,J))20,10,10
20 PERDA(I,J)=1.
GO TO 100
10 IF(J-1)50,50,60
50 PERDA(I,J)=1.
GO TO 100
60 IF(Y(I,JL))50,40,40
40 IF(J-2)41,41,55
55 IF(Y(I,JU))41,45,45
41 TG1=(10.*(Y(I,JS)-4.*Y(I,J)+3.*Y(I,JL))/LB)
TG2=(10.*(Y(I,JL)-Y(I,JS))/LB)
ELE=LB/20.
500 TETA=ABS(ATAN(TG1)-ATAN(TG2))
PERDA(I,J)=2.71828**(-EFE*TETA-EFEL*ELE)
GO TO 100
45 IF(J-NX-1)80,89,70
70 IF(Y(I,JS))82,90,90
90 TG1=(10.*(Y(I,JL)-Y(I,JS))/LB)
TG2=10.*(Y(I,JU)-Y(I,J))/LB
ELE=LB/20.
GO TO 500
80 IF(K-M)81,81,82
81 TG1=10.*(Y(I,JU)-Y(I,J))/LA
TG2=20.*(Y(I,JL)-Y(I,JS))/(LA+LB)
ELE=LA/20.
GO TO 500
82 TG1=10.*(Y(I,JU)-4.*Y(I,JL)+3.*Y(I,J))/LB
TG2=10.*(Y(I,J)-Y(I,JU))/LB
ELE=LB/20.
GO TO 500
89 TG1=20.*(Y(I,JU)-Y(I,J))/(LA+LB)
TG2=10.*(Y(I,JL)-Y(I,JS))/LB
ELE=LB/20.
GO TO 500
100 CONTINUE
150 CONTINUE
RETURN
END
```



```

SUBROUTINE RUPTU(IV,EA,E,YM,PF1,SAT1,CT1,DH1,DH2,DH3,B1,B2,B3,SIGA
1E,SIGAT,SIGE,SF,SIGR,AMG,AMPN,AMPP,ESFH,ESFN1,ESFN2,WL,W2L,YG)
REAL MRA,MRC
DIMENSION SAT1(1),SF(1),AMG(1),AMPN(1),AMPP(1),ESFH(1)
DIMENSION ESFN(61)
DIMENSION PF1(1),YM(1),CT1(1),ESFN1(1),ESFN2(1)
WRITE(3,1941)
1941 FORMAT(///4X,'VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAC'//5X,'MRA=MOMENTO R
IESISTENTE'//5X,'MRC=MOMENTO SOLICITANTE')
WRITE(3,7011)
7011 FORMAT(//1X,'SECAC',5X,'MRA',8X,'MRC')
DV2=DH2
BV2=B2
WVL=WL
DC 6302 I=1,IV
IF(YG-YM(I)/CT1(I))8021,6302,8023
8023 HD=DH1-YM(I)/CT1(I)
DH2=DV2
B2=BV2
WL=WVL
ESFN(I)=ESFN1(I)
300 SIGAR=1.2*SIGAE*(1.-(SIGAE*SAT1(I)+SIGE*SF(I))/(2.*SIGR*B2*HD))
IF(SIGAR-SIGAT)4521,4522,4522
4522 SIGAR=SIGAT
4521 XIS=(SAT1(I)*SIGAR+SF(I)*SIGE)/(B2*SIGR)
IF(XIS-DH2)100,100,200
100 MRA=(SAT1(I)*SIGAR+SF(I)*SIGE)*(HD-(SAT1(I)*SIGAR+SF(I)*SIGE)/(2.*
IB2*SIGR))
180 AMRC=0.277*B2*SIGR*(HD**2.)
IF(MRA-AMRC)160,160,150
200 SIGA1=0.5*(SIGAT+SIGAE)
500 XIS=(SAT1(I)*SIGA1+SF(I)*SIGE)/(B2*SIGR)
IF(XIS-DH2)100,100,201
201 AREA=(B2-B1)*(XIS-DH2)
XIS=(AREA+B1*XIS)/B1
EPSLA=0.0035*(HD-1.5*XIS)/(1.5*XIS)
EPSI=PF1(I)/(SAT1(I)*EA)+(ESFH(I)+ESFN(I))/(WL*E)
EPSR1=EPSLA+EPSI
EPSAE=SIGAE/EA+0.002
EPSAT=EPSAE+(SIGAT-SIGAE)/4000000.
IF(EPSR1-EPSAE)180,170,170
170 IF(EPSR1-EPSAT)171,181,181
171 SIGA2=SIGAE+(EPSR1-EPSAE)*4000000.
IF((ABS(SIGA1-SIGA2)/SIGA1)*100.-0.7)600,600,211
211 SIGA1=SIGA2
GO TO 500
181 SIGAR=SIGAT
GO TO 715
600 SIGAR=SIGA1
715 CG=((B2-B1)*DH2*(XIS-DH2/2.)+B1*(XIS**2.)/2.)/((B2-B1)*DH2+B1*XIS)
ZE=DH1-XIS+CG-YM(I)/CT1(I)
MRA=(SAT1(I)*SIGAR+SF(I)*SIGE)*ZE
GO TO 160
8021 HD=YM(I)/CT1(I)

```

```
DH2=DH3
B2=B3
WL=W2L
ESFN(I)=ESFN2(I)
GO TO 300
150 MRA=AMRC
160 MRC=1.65*(AMG(I)+AMPN(I))+ESFH(I)
    IF(MRA-ABS(MRC))6305,6431,6431
6431 MRC=1.65*(AMG(I)+AMPN(I))+ESFH(I)
    IF(MRA-ABS(MRC))6305,6303,6303
6303 WRITE(3,6304)I,MRA,MRC
6304 FORMAT(2X,I2,4X,2(F8.1,3X),2X,'SEGURO')
    GO TO 6302
6305 WRITE(3,6306)I,MRA,MRC
6306 FORMAT(2X,I2,4X,2(F8.1,3X),2X,'INSEGURO')
6302 CONTINUE
DH2=DV2
B2=BV2
WL=WVL
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE FISAS(B1,B3,B6,DH1,DH3,DH6,L1,L2,SAT,ESFN,ESFH,DELTA,SIGT,ALFA,W,E,EA,PF,IV,C,SF,TBICO,XH,CT,SIGAT,SIGAE,SIGF,DIA)
INTEGER C
DIMENSION ESFH(1),ESFN(1),PF(1),SF(1),TBICO(1),XH(1),CT(1),DIA(1)
DIMENSION SAT(1)
DO 9030 I=1,IV
IF(TBICO(I))8031,8031,8033
8031 SF(I)=0.
GO TO 9030
8033 IF(XH(I)-0.05)8032,8032,9144

8032 SF(I)=0.
GO TO 9030
9144 IF(XH(I)-DH3)9031,9031,9032
9031 Z1=TBICO(I)*XH(I)*B3/2.
ARENV=XH(I)*(B1+2.*B6)
IF(CT(I))5030,5030,9033
9032 IF(XH(I)-DH3-DH6)4114,4114,4115
4115 Z1=0.5*TBICO(I)*((2.*XH(I)-DH3)*DH6*B3+(2.*(XH(I)-DH3)-DH6)*B6*DH6
1/2.+((XH(I)-DH3-DH6)**2.)*B1/2.)/XH(I)
XK=-B1*(DH6+DH3-XH(I))/DH6
ARENV=(B1+2.*B6)*DH3+(B1+B6+XK)*DH6
IF(CT(I))5030,5030,9033
4114 Z1=0.5*TBICO(I)*((2.*XH(I)-DH3)*DH3*B3+(XH(I)-DH3)**2.*(B1+2.*B6-(
1XH(I)-DH3)*B6/DH6))/XH(I)
ARENV=(B1+2.*B6)*DH3+(B1+B6)*DH6
IF(CT(I))5030,5030,9033
9033 DSIGA=Z1/SAT(I)
SIGNA=(ESFN(I)+ESFH(I))/W
SIGLA=PF(I)/SAT(I)+(EA/E)*ABS(SIGNA)
IF(DSIGA-22000.)3112,3112,3113
3113 SF1=Z1/SIGF-SAT(I)
DSIGA=SIGF
GO TO 3110
3112 SF1=0.
3110 SIGTC=DSIGA+SIGLA
IF(SIGTC-0.67*SIGAT)9110,9110,9111
9110 IF(SIGTC-0.80*SIGAT)9112,9112,9113
9113 DSIGT=0.80*SIGAE-SIGLA
GO TO 4131
9112 SF2=0.
SF(I)=SF1+SF2
IF(SF(I))5031,5031,5032
5031 IF(CT(I)-1.)9901,9901,9902
9901 ABB=1.
GO TO 9903
9902 ABB=CT(I)*0.5+1.
9903 AB=ARENV/(3.1416*ABB*DELTA)
CD=ALFA/(DSIGA*(0.4+4.5*SAT(I))/ARENV)
IF(AB-CD)9061,9061,9060
9061 WRITE(3,9054) I
9054 FORMAT(2X,I2,3X,'ARMADURA PROTENSÃO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA
1E FISSURACÃO')
GO TO 9030
9060 K=1
ALFA1=ALFA/(DSIGA*(0.4+4.5*SAT(I))/ARENV)
81 UTF=ARENV/ALFA1-3.1416*ABB*DELTA
SF(I)=DIA(K)*UTF/4.
DSIGA=Z1/(SAT(I)+SF(I))
IF(DSIGA-SIGF)10,10,20
10 ALFA1=ALFA/(DSIGA*(0.4+4.5*(SAT(I)+SF(I))/ARENV))
DIA1=4.*SF(I)/(ARENV/ALFA1-3.1416*ABB*DELTA)
```

```
      IF(DIA1-DIA(K))50,40,40
50  K=K+1
      IF(K-5)81,81,60
40  DIAFE=DIA(K)
      GO TO 30
20  SF(I)=Z1/SIGF-SAT(I)
70  SFE=(DIA(K)**2.)*3.1416/4.
      ISF=SF(I)/SFE+0.9
      AB=ARENV/(3.1416*(ABB*DELTA+ISF*DIA(K)))
      CD=ALFA/(SIGF*(0.4+4.5*(SAT(I)+SF(I))/ARENV))
      DIAFE=DIA(K)
      IF(AB-CD)30,30,41
30  SFX=SF(I)*10000.
      DIAM=DIAFE*100.
      WRITE(3,3111) I,SFX,DIAM
3111 FORMAT(2X,I2,3X,'ARMADURA SUPL. AREA= 'F5.1,1X,'CM2'/7X,'NAO FISSU
      1RA COM DIAMETRO ='F5.2,1X,'CM')
      GO TO 9030
41  K=K+1
      IF(K-5)70,70,60
60  SFX=SF(I)*10000.
      WRITE(3,6031) I,SFX
6031 FORMAT(2X,I2,3X,'ARMADURA SUPL. AREA= 'F5.1,1X,'CM2'/7X,'NENHUM DI
      1AMETRO DADO EVITA FISS. ')
      GO TO 9030
5032 ALFA1=ALFA/(DSIGA*(0.4+4.5*(SAT(I)+SF(I))/ARENV))
      DIA1=4.*SF(I)/(ARENV/ALFA1-3.1416*ABB*DELTA)
26  IF(DIA1-DIA(K))27,30,30
27  K=K+1
      IF(K-5)26,26,60
9111 DSIGT=0.67*SIGAT-SIGLA
4131 K=1
1010 DIAFE=DIA(K)
      SFE=(DIAFE**2.)*3.1416/4.
      Z1L=SAT(I)*DSIGT
      Z12L=71-71L
      IF(Z12L)5031,5031,2262
2262 SF(I)=Z12L/DSIGT
      SF(I)=Z12L/DSIGT
      SF(I)=SF(I)+SF1
      ISF=SF(I)/SFE+0.9
      IF(CT(I)-1.)9801,9801,9802
9801 ABB=1.
      GO TO 9803
9802 ABB=CT(I)*0.5+1.
9803 AB=ARENV/((3.1416*DELTA*ABB)+(ISF*3.1416*DIAFE))
      CD=ALFA/(DSIGA*(0.4+4.5*(SAT(I)+SF(I))/ARENV))
      IF(AB-CD)9062,9062,9063
9062 SFX=SF(I)*10000.
      DIAM=DIAFE*100.
      WRITE(3,9064)I,SFX,DIAM
9064 FORMAT(2X,I2,3X,'NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA ='F5.1,1X,'CM2
      1'/7X,'NAO FISSURA COM DIAMETRO ='F5.2,1X,'CM')
      GO TO 9030
9063 K=K+1
      IF(K-5)1010,1010,1011
1011 SFX=SF(I)*10000.
      WRITE(3,9065)I,SFX
9065 FORMAT(2X,I2,3X,'NEC. ARM. SUPL. P/ ABS. TRACAO AREA ='F5.1,1X,'CM
      12'/7X,'NENHUM DIAMETRO DADO SERVIU')
      GO TO 9030
5030 SF(I)=Z1/SIGF
      AB=SF(I)/ARENV
      CD=24000./(5.7*SIGF*(0.4+4.5*AB))
      DIAR=AB*CD
```

```
      K=1
5033 IF(DIA(K)-DIAR)7010,7010,7011
7010 DIAFF=DIA(K)
      GO TO 9062
7011 K=K+1
      IF(K-5)5033,5033,1011
9030 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
SUBROUTINE VERCC(NN,C,Y,P,H1,H2,CT1,IAUX,IVEZ,PF,PP,PF1,KT)
INTEGER C
DIMENSION PF1(1)
DIMENSION PP(19,61)
DIMENSION Y(20,61),CT1(1),P(1),IAUX(1),IVEZ(1),PF(1)
DIMENSION YAUX(20)
K1=KT-1
DC 10 JX=1,NN
JT=K1*NN+JX
J=K1*NN+JX-K1
DC 100 I=1,C
IAUX(I)=1
100 YAUX(I)=Y(I,J)
IF(C-1)39,39,38
38 IAU=C-1
DC 300 I=1,IAU
LL=I+1
DC 300 L=LL,C
IF(YAUX(I)-YAUX(L))350,300,300
350 T=YAUX(I)
YAUX(I)=YAUX(L)
YAUX(L)=T
300 CONTINUE
INC=1
39 DC 20 I=1,C
IF(YAUX(I))20,12,12
12 K=INC+I-1
I1=K
IF(K-C)23,23,20
23 IF(YAUX(K)-H1)20,20,2
2 IF(YAUX(K)-H2)21,20,20
21 I1=I1+1
IF(I1-C)3,3,22
3 IF(YAUX(I1)-H1)21,21,6
6 IF(YAUX(I1)-H2)9,21,21
9 IF(YAUX(K)-YAUX(I1))20,13,20
13 IAUX(I)=IAUX(I)+1
INC=INC+1
GO TO 21
20 CONTINUE
22 DC 40 I=1,C
IF(Y(I,J))15,123,123
123 PF1(JT)=PF1(JT)+P(I)
CT1(JT)=CT1(JT)+1.
PF(JT)=PF(JT)+PP(I,J)
15 IF(IAUX(I)-IVEZ(JT))40,40,50
50 IVEZ(JT)=IAUX(I)
40 CONTINUE
10 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE CAGEG(B,DH,AME,AMEIO,YG,AJT,WL,W2L,KL,K2L,YGI,R,SE,AME1
1,AJ1,ST)
REAL KL,K2L
DIMENSION B(7),DH(7),SE(7),YGI(7),AME1(7),R(7),AJ1(7)
DC 1008 I=1,7
B(I)=B(I)/100.
1008 DH(I)=DH(I)/100.
SE(1)=B(1)*(DH(1)-DH(2)-DH(3))
SA=0.
DO 80 I=2,3
SE(I)=B(I)*DH(I)
80 SA=SA+SE(I)
SB=C.
DO 70 I=4,7
SE(I)=B(I)*DH(I)*1./2.
70 SB=SB+SE(I)
ST=SA+SB+SE(1)
YGI(1)=(DH(1)-DH(2)+DH(3))/2.
YGI(2)=DH(1)-DH(2)/2.
YGI(3)=DH(3)/2.
YGI(4)=DH(1)-DH(4)/3.-DH(2)
YGI(5)=DH(1)-DH(5)/3.-DH(2)
YGI(6)=DH(3)+DH(6)/3.
YGI(7)=DH(3)+DH(7)/3.
AME=0.
DO 60 I=1,7
AME1(I)=SE(I)*YGI(I)
60 AME=AME+AME1(I)
R(1)=YGI(1)+((DH(1)-DH(2)-DH(3))**2.)/(12.*YGI(1))
R(2)=YGI(2)+((DH(2))**2.)/(12.*YGI(2))
R(3)=(DH(3))*2./3.
DO 50 I=4,7
50 R(I)=YGI(I)+((DH(I))**2.)/(18.*YGI(I))
AJ=0.
DO 42 I=1,7
AJ1(I)=AME1(I)*R(I)
42 AJ=AJ+AJ1(I)
YG=AME/ST
AJT=AJ-YG*AME
YGS=DH(1)-YG
WL=AJT/YG
W2L=AJT/YGS
KL=WL/ST
K2L=W2L/ST
AMEIO=SE(2)*(YGS-DH(2)/2.)+SE(4)*(YGS-DH(2)-DH(4)/3.)+SE(5)*(YGS-D
1H(2)-DH(5)/3.)+B(1)*((YGS-DH(2))**2.)/2.
WRITE(3,2501)
2501 FORMAT(1H1)
WRITE(3,2401)
2401 FORMAT(10(/))
WRITE(3,2301)
2301 FORMAT(5X,'CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DA SECAO'//)
WRITE(3,2032) AJT,YG,WL,W2L,KL,K2L,ST,AMEIO
2032 FORMAT(5X,'MOMENTO DE INERCIA',9X,'=',F10.8,1X,'M4'/5X,'ALTURA DO
1C.G.',13X,'=',F6.4,1X,'M'/5X,'MODULO DE RESIST. WL',7X,'=',1X,F8.6
2,1X,'M3'/5X,'MODULO DE RESIST. W2L',6X,'=',F8.6,1X,'M3'/5X,'DISTANC
3IA NUCLEAR KL',7X,'=',F6.4,1X,'M'/5X,'DISTANCIA NUCLEAR K2L',6X,F6.
44,1X,'M'/5X,'AREA DA SECAO',14X,'=',F8.6,1X,'M2'/5X,'MOM. ESTATICO
5ACIMA DO C.G.',1X,'=',F10.8,1X,'M3'//)
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE GRAF(M,NN,NP,L,AMVI,MCMEN,I,II)
REAL L
DIMENSION AMVI(1),MCMEN(4,16)
IF(II-1)70,70,80
70 CONTINUE
XS=L/(20.*2.54)
YS=0.06/2.54
IF(I-1) 10,10,20
10 CALLSCALF(XS,YS,C.,C.)
CALLFPLCT(-2,-1.,-300.)
CALLFGRID(1,-1.,-300.,10.,60)
CALLFPLCT(-2,-2.,310.)
CALLFCHAR(-2.,310.,0.1,C.1,0.)
WRITE(7,1)
1 FORMAT('TM')
DO 15 J=100,700,100
JE=J-400
Y=-JE
CALLFCHAR(-2.8,Y,0.08,0.08,0.)
15 WRITE(7,2) JE
2 FORMAT(I5)
GC TC 60
20 CALLSCALF(XS,YS,0.,0.)
60 CALLFGRID(0,0.,0.,1.,20)
CALLFPLCT(-2,0.,0.)
CALLPCINT(5)
80 CONTINUE
K=I-1
DO 100 IJ=1,NN,2
IT=K*NN+IJ-K
JX=IT+1
J=IJ+1
X=IJ-1
CALLFPLCT(2,X,-AMVI(IT))
CALLPCINT(NP)
X=IJ
IF(J-NN)100,100,82
100 CALLFPLCT(2,X,-AMVI(JX))
82 CONTINUE
IF(II-1)71,71,89
71 CONTINUE
IF(I-M) 40,30,30
30 CALLFPLCT(2,20.,0.)
CALLPCINT(5)
40 CALLFCHAR(9.,-20.,0.08,0.08,0.)
WRITE(7,4) L
4 FORMAT(F5.2,2X,'M*')
CALLFPLCT(3,9.,-20.)
89 IF(I-3)81,52,81
52 IF(II-4)81,51,51
51 CALLFPLCT(3,20.,250.)
DO 83 KS=1,4
YQ=250.-10.*KS
KQ=KS-1
CALLFPLCT(-2,20.,YQ)
CALLPCINT(KQ)
CALLFCHAR(20.,YQ,0.08,0.08,0.)
WRITE(7,5) (MCMEN(KS,KSS),KSS=1,16)
5 FORMAT(' MCMEN(16A1)')
83 CALLFPLCT(3,20.,YQ)
81 CONTINUE
CALLFPLCT(3,0.,0.)
RETURN
END
```



```
REAL L(3),KL,K2L
INTEGER RL(8),CRL(8),C
DIMENSION YM(61),CT(61),XH(61)
DIMENSION QP(20,63),QT(63),QH(63),QC(63),QMAX(63),QMIN(63),QG(63)
DIMENSION IAUX(63),IVEZ(63),BETAF(63),CT1(63),SF(63),PF(63)
DIMENSION AC(8),SM(4,4),S(8,4),A(8),AE(8),AR(8),SR(4,4),D(8)
DIMENSION DH(7),YGI(7),R(7),B(7),SE(7),AME1(7),AJ1(7),P(20)
DIMENSION ESFH(63),Y(20,61),MCMEN(4,16),QPN(63),AML(10,4),AM(3,4)
DIMENSION AMG(61),AMPP(61),AMPN(61),TBICN(62)
DIMENSION TBICP(61),TBSCP(61),TBSCN(61),DIA(10)
DIMENSION ITEST(19)
DIMENSION PERCA(19,61)
DIMENSION PP(19,61),PF1(63)
DIMENSION QCP(20,63)
DIMENSION QTC(63)
DIMENSION SAT1(61),Q1(63),Q2(63)
DIMENSION ESF1(19,61),ESF2(19,61),ESFN1(63),ESFN2(63),QPP(63)
DIMENSION SA1(61),SAT(61)
EQUIVALENCE (ESF1(1,1),CP(1,1)),(ESF2(1,1),QCP(1,1))
EQUIVALENCE (C2(1),BETAF(1))
DO 41 I=1,7
41 READ(2,2) B(I),DH(I)
2 FORMAT(2F10.0)
READ(2,9060) (DIA(I),I=1,5)
9060 FORMAT(5F10.0)
READ(2,7) NLJ,NLM
7 FORMAT(2I3)
READ(2,2000) (AMG(I),I=1,61)
READ(2,2000) (AMPP(I),I=1,61)
READ(2,2000) (AMPN(I),I=1,61)
2000 FORMAT(10F8.0)
DO 8800 I=1,4
READ(2,8801) (MCMEN(I,IU),IU=1,16)
8801 FORMAT(16A1)
8800 CONTINUE
READ(2,5320) (QG(I),I=1,63)
READ(2,5320) (QPP(I),I=1,63)
READ(2,5320) (QPN(I),I=1,63)
5320 FORMAT(10F8.0)
1331 READ(2,1)M,NR,NRJ,NN,C,EA
1 FORMAT(5I5,1F10.0)
READ(2,7305) SIGAE,SIGAT,SIGR,DELTA,ALFA,SIGF,SIGE
7305 FORMAT(7F10.0)
READ(2,7777) NPPN
7777 FORMAT(I1)
IF(NPPN-2)1555,1555,1556
1555 READ(2,8888) (P(I),I=1,C)
8888 FORMAT(10F4.0)
READ(2,6006) (SA1(I),I=1,C)
6006 FORMAT(10F8.0)
READ(2,2112) (ITEST(I),I=1,C)
2112 FORMAT(10I3)
GO TO 9999
1556 CONTINUE
READ(2,8002) (P(I),I=1,C)
8002 FORMAT(19F4.0)
READ(2,9897) (SA1(I),I=1,C)
9897 FORMAT(10F8.0)
READ(2,6005) (ITEST(I),I=1,C)
6005 FORMAT(19I1)
9999 CONTINUE
DO 90 II=1,M
READ(2,3) I,L(I)
3 FORMAT(I2,F10.0)
90 CONTINUE
DO 6000 I=1,M
6000 L(I)=L(I)/100.
NJ=M+1
N=2*NJ-NR
NJ2=2*NJ
```

```
DO 89 I=1,NJ2
89 RL(I)=0.
DO 88 I=1,NRJ
READ(2,5) K,RL(2*K-1),RL(2*K)
5 FORMAT(3I3)
88 CONTINUE
DO 431 I=1,C
431 READ(2,17) (Y(I,J),J=1,61)
17 FORMAT(20F4.0)
CALL CAGED(B,CH,ANE,AMEIO,YG,AJT,WL,W2L,KL,K2L,YGI,R,SE,AME1,AJ1,S
1T)
WRITE(3,4513)
4513 FORMAT(1H1)
WRITE(3,4511)
4511 FORMAT(///4X,'FORCAS DE PROTENSAC EM CADA CABO-TON. '//)
IV=M*NN-M+1
DO 1072 I=1,C
DO 1072 J=1,IV
1072 Y(I,J)=Y(I,J)/100.
E=5000.*(SIGR/10.+400.)
CALL ATRIT(M,NN,C,Y,L(1),L(1),PERDA,ITEST,1)
DO 4035 K=2,M
KZ=K-1
4035 CALL ATRIT(M,NN,C,Y,L(KZ),L(K),PERDA,ITEST,K)
KT=M+1
CALL ATRIT(M,NN,C,Y,L(M),L(M),PERDA,ITEST,KT)
CALL FORPE(C,IV,PERDA,P,ITEST,PP)
DO 7931 I=1,C
DO 7931 J=1,IV
IF(Y(I,J))7932,7933,7933
7932 PP(I,J)=0.
GO TO 7931
7933 PP(I,J)=PP(I,J)
7931 CONTINUE
IF(NPPN-2)6111,6111,6112
6111 WRITE(3,6115)
6115 FORMAT(/1X,'SEC.',2X,'C1',4X,'C2',4X,'C3',4X,'C4',4X,'C5',4X,'C6'
1,4X,'C7',4X,'C8'//)
DO 6210 J=1,IV
6210 WRITE(3,6113)J,PP(1,J),PP(2,J),PP(3,J),PP(4,J),PP(5,J),PP(6,J),PP(
17,J),PP(8,J)
6113 FORMAT(2X,I2,8(2X,F4.1))
WRITE(3,6116)
6116 FORMAT(/1X,'SEC.',2X,'C9',4X,'C10'//)
DO 6211 J=1,IV
6211 WRITE(3,6114)J,PP(9,J),PP(10,J)
6114 FORMAT(2X,I2,2(2X,F4.1))
GO TO 6221
6112 WRITE(3,6212)
6212 FORMAT(1X,'SEC.',2X,'C1'.4X,'C2'.4X,'C3',4X,'C4',4X,'C5',4X,'C6',4
1X,'C7',4X,'C8'//)
DO 6222 J=1,IV
6222 WRITE(3,6213)J,PP(1,J),PP(2,J),PP(3,J),PP(4,J),PP(5,J),PP(6,J),PP(
17,J),PP(8,J)
6213 FORMAT(2X,I2,8(2X,F4.1))
WRITE(3,6214)
6214 FORMAT(/1X,'SEC.',2X,'C9',4X,'C10',3X,'C11',3X,'C12',3X,'C13',3X,'
1C14',3X,'C15',3X,'C16'//)
DO 6223 J=1,IV
6223 WRITE(3,6215)J,PP(9,J),PP(10,J),PP(11,J),PP(12,J),PP(13,J),PP(14,J
1),PP(15,J),PP(16,J)
6215 FORMAT(2X,I2,8(2X,F4.1))
WRITE(3,6216)
6216 FORMAT(/1X,'SEC.',2X,'C17',3X,'C18',3X,'C19'//)
DO 6224 J=1,IV
6224 WRITE(3,6217)J,PP(17,J),PP(18,J),PP(19,J)
6217 FORMAT(2X,I2,3(2X,F4.1))
6221 CONTINUE
CRL(1)=RL(1)
```

```
DO 87 K=2,NJ2
87 CRL(K)=CRL(K-1)+RL(K)
DO 85 I=1,NJ2
DO 85 J=1,N
85 S(I,J)=0.
DO 86 I=1,M
J1=2*I-1
J2=2*I
K1=2*I+1
K2=2*I+2
SCM1=(4.0*AJT*E)/L(I)
SCM2=(1.5*SCM1)/L(I)
SCM3=(2.0*SCM2)/L(I)
IF(RL(J1))40,39,40
39 J1=J1-CRL(J1)
GO TO 20
40 J1=N+CRL(J1)
20 IF(RL(J2)) 38,37,38
37 J2=J2-CRL(J2)
GO TO 10
38 J2=N+CRL(J2)
10 IF(RL(K1)) 36,35,36
35 K1=K1-CRL(K1)
GO TO 19
36 K1=N+CRL(K1)
19 IF(RL(K2)) 34,33,34
33 K2=K2-CRL(K2)
GO TO 18
34 K2=N+CRL(K2)
18 SM(1,1)=SCM3
SM(3,3)=SCM3
SM(3,1)=-SCM3
SM(1,3)=-SCM3
SM(1,2)=SCM2
SM(2,1)=SCM2
SM(1,4)=SCM2
SM(4,1)=SCM2
SM(2,3)=-SCM2
SM(3,2)=-SCM2
SM(3,4)=-SCM2
SM(4,3)=-SCM2
SM(2,2)=SCM1
SM(4,4)=SCM1
SM(2,4)=SCM1/2.
SM(4,2)=SCM1/2.
IF(RL(2*I-1)) 32,31,32
31 S(J1,J1)=S(J1,J1)+SM(1,1)
S(J2,J1)=S(J2,J1)+SM(2,1)
S(K1,J1)=SM(3,1)
S(K2,J1)=SM(4,1)
32 IF(RL(2*I)) 30,29,30
29 S(J1,J2)=S(J1,J2)+SM(1,2)
S(J2,J2)=S(J2,J2)+SM(2,2)
S(K1,J2)=SM(3,2)
S(K2,J2)=SM(4,2)
30 IF(RL(2*I+1)) 28,27,28
27 S(J1,K1)=SM(1,3)
S(J2,K1)=SM(2,3)
S(K1,K1)=S(K1,K1)+SM(3,3)
S(K2,K1)=S(K2,K1)+SM(4,3)
28 IF(RL(2*I+2)) 86,25,86
25 S(J1,K2)=SM(1,4)
S(J2,K2)=SM(2,4)
S(K1,K2)=S(K1,K2)+SM(3,4)
S(K2,K2)=S(K2,K2)+SM(4,4)
86 CONTINUE
DO 109 I=1,N
DO 109 J=1,N
109 SR(I,J)=S(I,J)
CALL INVR(SR,N)
```

```
      DO 110 I=1,N
      DO 110 J=1,N
110  S(I,J)=SR(I,J)
      DO 301 J=1,NJ2
301  A(J)=0.
      IF(NLJ) 24,23,24
24  WRITE(3,68)
68  FORMAT(/12X,'ACCES APLICADAS NOS NOS'//13X,'NO',5X,'ACAO Y',5X,'A
      ICAO Z')
      DO 84 I=1,NLJ
      READ(2,9) K,A(2*K-1),A(2*K)
9  FORMAT(I3,2F10.0)
84  WRITE(3,121) K,A(2*K-1),A(2*K)
121 FORMAT(14X,I1,5X,F5.1,6X,F6.1)
23  CCNTINUE
      DO 82 I=1,NJ2
82  AE(I)=0.
      DO 83 I=1,M
      DO 83 J=1,4
83  AML(I,J)=0.
      IF(NLM) 22,21,22
22  DO 441 K=1,M
441 CALL AMCM(M,C,YG,Y,NN,L(K),PP,AML,K)
      DO 201 I=1,M
      JK1=2*I-1
      JK2=2*I
      JK3=2*I+1
      JK4=2*I+2
      AE(JK1)=AE(JK1)-AML(I,1)
      AE(JK2)=AE(JK2)-AML(I,2)
      AE(JK3)=AE(JK3)-AML(I,3)
      AE(JK4)=AE(JK4)-AML(I,4)
201 CONTINUE
21  CCNTINUE
      DO 81 J=1,NJ2
      IF(RL(J)) 96,97,96
97  K=J-CRL(J)
      GO TO 81
96  K=N+CRL(J)
81  AC(K)=A(J)+AE(J)
      DO 79 J=1,N
      D(J)=0.
      DO 79 K=1,N
79  D(J)=D(J)+S(J,K)*AC(K)
      LK=N+1
      DO 931 J=1,NJ2
931 AR(J)=0.
      L1=N+NR
      DO 78 K=LK,L1
      AR(K)=-AC(K)
      DO 78 J=1,N
78  AR(K)=AR(K)+S(K,J)*D(J)
      J=N+1
      DO 105 LT=1,L1
      JE=L1-LT+1
      IF(RL(JE)) 94,95,94
95  J=J-1
      D(JE)=D(J)
      GO TO 105
94  D(JE)=0.
105 CCNTINUE
      K=N
      NT=N+NR
      DO 77 KE=1,NT
      IF(RL(KE)-1) 93,92,93
92  K=K+1
      AR(KE)=AR(K)
      GO TO 77
93  AR(KE)=0.
77  CONTINUE
```

```
DO 75 I=1,M
  J1=2*I-1
  J2=2*I
  K1=2*I+1
  K2=2*I+2
  SCM1=(4.0*E*AJT)/L(I)
  SCM2=(1.5*SCM1)/L(I)
  SCM3=(2.0*SCM2)/L(I)
  AM(I,1)=AML(I,1)+SCM3*(D(J1)-D(K1))+SCM2*(D(J2)+D(K2))
  AM(I,2)=AML(I,2)+SCM2*(D(J1)-D(K1))+SCM1*(D(J2)+D(K2)/2.)
  AM(I,3)=AML(I,3)-SCM3*(D(J1)-D(K1))-SCM2*(D(J2)+D(K2))
  AM(I,4)=AML(I,4)+SCM2*(D(J1)-D(K1))+SCM1*(D(J2)/2.+D(K2))
75 CONTINUE
  ESFH(1)=-AM(1,2)
  DO 905 I=1,M
    AM2=-AM(I,2)
    AM4=AM(I,4)
    CALL HIPER(NN,M,AM4,AM2,X,ESFH,I)
905 CONTINUE
  CALL ANUCL(PP,IV,C,YG,Y,KL,K2L,ESF1,ESF2)
  DO 1002 J=1,IV
    ESFN1(J)=0.
1002 ESFN2(J)=0.
    DO 1003 J=1,IV
      DO 1003 I=1,C
        ESFN1(J)=ESFN1(J)+ESF1(I,J)
1003 ESFN2(J)=ESFN2(J)+ESF2(I,J)
    WRITE(3,455)
    455 FORMAT(/10X,'MOMENTOS DEVIDOS A PROTENSÃO-TM'//1X,'SEC',2X,'HIPER
1',5X,'NUCLEARES',6X,'MG',5X,'1.2MP',3X,'1.2MP'//15X,'SUP',5X,'INF'
2,13X,'(+) ',5X,'(-)')
    DO 1111 I=1,IV
1111 WRITE(3,444) I,ESFH(I) ,ESFN1(I),ESFN2(I),AMG(I),AMPP(I),AMPN
I(I)
    444 FORMAT(2X,I2,2X,F5.1,5(2X,F6.1))
    DO 9500 I=1,IV
      TBICP(I)=(ESFH(I)+AMG(I)+ESFN1(I))/WL
9500 TBSCP(I)=- (ESFH(I)+AMG(I)+ESFN2(I))/W2L
    WRITE(3,9501)
9501 FORMAT(/5X,'VERIFICACAO DAS TENSÕES CALCULADAS COM A'//10X,'PROTEN
1SÃO E A CARGA PERMANENTE'//1X,'SECAC',3X,'BO.INF.',3X,'BO.SUP.'/)
    CALL TENSA(IV,SIGR,TBSCP,TBICP,SIGT,1)
    DO 9502 I=1,IV
      TBICP(I)=0.
9502 TBSCP(I)=0.
    DO 9503 I=1,IV
      TBICP(I)=(ESFH(I)+AMG(I)+0.5*AMPP(I)+ESFN1(I))/WL
      TBSCP(I)=- (ESFH(I)+AMG(I)+0.5*AMPP(I)+ESFN2(I))/W2L
      TBICN(I)=(ESFH(I)+AMG(I)+0.5*AMPN(I)+ESFN1(I))/WL
9503 TBSCN(I)=- (ESFH(I)+AMG(I)+0.5*AMPN(I)+ESFN2(I))/W2L
    WRITE(3,9504)
9504 FORMAT(/5X,'VERIFICACAO DAS TENSÕES CALCULADAS COM AS'//5X,'CARGAS
1DE PROTENSÃO,PERMANENTE E METADE DA MCVEL'//1X,'SECAO',3X,'BO.INF.
2',3X,'BO.SUP.')
    CALL TENSA(IV,SIGR,TBSCP,TBICP,SIGT,2)
    WRITE(3,9505)
9505 FORMAT(/1X,'SECAC',3X,'BO.INF.',3X,'BO.SUP.')
    CALL TENSA(IV,SIGR,TBSCN,TBICN,SIGT,2)
    DO 9506 I=1,IV
      TBSCN(I)=0.
      TBICN(I)=0.
      TBICP(I)=0.
9506 TBSCP(I)=0.
    DO 2020 I=1,IV
      TBICP(I)=(ESFH(I)+AMG(I)+AMPP(I)+ESFN1(I))/WL
      TBSCP(I)=- (ESFH(I)+AMG(I)+AMPP(I)+ESFN2(I))/W2L
      TBICN(I)=(ESFH(I)+AMG(I)+AMPN(I)+ESFN1(I))/WL
      TBSCN(I)=- (ESFH(I)+AMG(I)+AMPN(I)+ESFN2(I))/W2L
2020 CONTINUE
```

C
C
C

```
WRITE(3,511)
511 FORMAT(//12X,'TENSOES NAS BORDAS EM CADA SECAC-T/M2'//2X,'VERIFICA
IDAS SEGUNDO P-NB-116 ITENS 3.1.2.E3.1.3.')
WRITE(3,2022)
2022 FORMAT(//1X,'TBICP=TENSAC NA BORDA INF. COM 1,2MP(+)'//1X,'TBSCP=TE
INSAC NA BORDA SUP. COM 1,2MP(+)'//1X,'TBICN= TENSAC NA BORDA INF. C
2OM 1,2MP(-)'//1X,'TBSCN=TENSAC NA BORDA SUP. COM 1,2MP(-)')
WRITE(3,8889)
8889 FORMAT(//1X,'SECAC',4X,'TBICP',6X,'TBSCP')
CALL TENSA(IV,SIGR,TBSCP,TBICP,SIGT,3)
WRITE(3,6007)
6007 FORMAT(//1X,'SECAC',4X,'TBICN',6X,'TBSCN')
CALL TENSA(IV,SIGR,TBSCN,TBICN,SIGT,3)
DO 442 I=1,M
442 CALL FCCC(M,P,PP,L(I),Y,C,NN,QP,QCP,I)
KXI=M*NN
DO 8005 I=1,M
AM2=-AM(I,2)
AM4=AM(I,4)
8005 CALL CCPC(NN,L(I),AM4,AM2,QH,I)
DO 1004 I=1,KXI
1004 QT(I)=0.
DO 1005 K=1,KXI
QTT=0.
DO 1005 I=1,C
QTT=QTT+QCP(I,K)
QTC(K)=QTT+QH(K)
1005 QT(K)=QT(K)+QP(I,K)
DO 1006 KJ=1,KXI
1006 QC(KJ)=QT(KJ)+QH(KJ)
DO 2531 I=1,KXI
Q1(I)=1.2*QPP(I)+QG(I)
Q2(I)=1.2*QPN(I)+QG(I)
IF(ABS(Q1(I))-ABS(Q2(I)))8021,8021,8023
8023 QMAX(I)=Q1(I)
QMIN(I)=Q2(I)
GO TO 2531
8021 QMAX(I)=Q2(I)
QMIN(I)=Q1(I)
2531 CONTINUE
WRITE(3,1935)
1935 FORMAT(///16X,'FORCAS CCRTANTES-TCN.'//6X,'CPSP=CCRTANTE DA PROTEN
ISAC SEM PERDAS'//6X,'CPCP=CCRTANTE DA PROTENSAC COM PERDAS'//1X,'SE
2C.',2X,'CPSP',3X,'CPCP',3X,'MAX.',4X,'MIN.',3X,'QG',4X,'QP(+)',2X,
3'QP(-)')
DO 1009 I=1,KXI
1009 WRITE(3,701)I,QC(I),QTC(I),QMAX(I),QMIN(I),QG(I),QPP(I),QPN(I)
701 FORMAT(2X,I2,7(2X,F5.1))
```

C
C

```
DO 9021 I=1,IV
YM(I)=0.
CT1(I)=0.
SAT1(I)=0.
PF(I)=0.
PF1(I)=0.
SF(I)=0.
SAT(I)=0.
9021 CT(I)=0.
HD=0.
CALL ALTU(IV,C,Y,YM,CT1,SAT1,SA1,PF1,PP)
```

```
WRITE(3,1936)
1936 FORMAT(/2X,'VERIFICACAO A FISSURACAO E ARMADURA SUPLEMENTAR')
WRITE(3,1937)
1937 FORMAT(/4X,'PARA A BORCA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)'//)
CALL ZOTRA(IV,TBICP,TBSCP,DH(1),XH,C)
CALL CABOS(C,IV,Y,XH,CT,PF,PP,SA1,SAT)
CALL FISAS(B(1),B(3),B(6),DH(1),DH(3),DH(6),L(1),L(2),SAT,ESFN1,ES
1FH,DELTA,SIGT,ALFA,WL,E,EA,PF,IV,C,SF,TBICP,XH,CT,SIGAT,SIGAE,SIG
1,CIA)
DO 9063 I=1,IV
PF(I)=0.
CT(I)=0.
SAT(I)=0.
9063 XH(I)=0.
WRITE(3,1938)
1938 FORMAT(/4X,'PARA A BORCA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)'//)
CALL ZOTRA(IV,TBSCP,TBICP,DH(1),XH,C)
CALL CABOS(C,IV,Y,XH,CT,PF,PP,SA1,SAT)
CALL FISAS(B(1),B(2),B(4),DH(1),DH(2),DH(4),L(1),L(2),SAT,ESFN2,ES
1FH,DELTA,SIGT,ALFA,W2L,E,EA,PF,IV,C,SF,TBSCP,XH,CT,SIGAT,SIGAE,SIG
1F,DIA)
CALL RUPTU(IV,EA,E,YM,PF1,SAT1,CT1,DH(1),DH(2),DH(3),B(1),B(2),B(3
1),SIGAE,SIGAT,SIGE,SF,SIGR,AMG,AMPN,AMPP,ESFH,ESFN1,ESFN2,WL,W2L,Y
2G)
DO 9070 I=1,IV
PF(I)=0.
CT(I)=0.
SAT(I)=0.
9070 XH(I)=0.
WRITE(3,1939)
1939 FORMAT(/4X,'PARA A BORCA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)'//)
CALL ZOTRA(IV,TBICN,TBSCN,DH(1),XH,C)
CALL CABOS(C,IV,Y,XH,CT,PF,PP,SA1,SAT)
CALL FISAS(B(1),B(3),B(6),DH(1),DH(3),DH(6),L(1),L(2),SAT,ESFN1,ES
1FH,DELTA,SIGT,ALFA,WL,E,EA,PF,IV,C,SF,TBICN,XH,CT,SIGAT,SIGAE,SIG
1,CIA)
DO 9064 I=1,IV
PF(I)=0.
CT(I)=0.
SAT(I)=0.
9064 XH(I)=0.
WRITE(3,1940)
1940 FORMAT(/4X,'PARA A BORCA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)'//)
CALL ZOTRA(IV,TBSCN,TBICN,DH(1),XH,C)
CALL CABOS(C,IV,Y,XH,CT,PF,PP,SA1,SAT)
CALL FISAS(B(1),B(2),B(4),DH(1),DH(2),DH(4),L(1),L(2),SAT,ESFN2,ES
1FH,DELTA,SIGT,ALFA,W2L,E,EA,PF,IV,C,SF,TBSCN,XH,CT,SIGAT,SIGAE,SIG
1F,DIA)
CALL RUPTU(IV,EA,E,YM,PF1,SAT1,CT1,DH(1),DH(2),DH(3),B(1),B(2),B(3
1),SIGAE,SIGAT,SIGE,SF,SIGR,AMG,AMPN,AMPP,ESFH,ESFN1,ESFN2,WL,W2L,Y
2G)
C-----VERIFICACAO A FORCA CORTANTE
C
WRITE(3,4100)
4100 FORMAT(/3X,'VERIFICACAO QUANTO A FORCA CORTANTE'/1X,'SG1=TENSAO
1PRINC. DE TRACAO'/1X,'SG2=TENSAO PRINC. DE COMPR.'/1X,'SECAO')
DO 6312 I=1,KXI
IAUX(I)=1
PF1(I)=0.
IVEZ(I)=0.
BETAF(I)=0.
PF(I)=0.
CT1(I)=0.
6312 CONTINUE
H1=DH(3)+DH(6)
H2=DH(1)-DH(2)-DH(4)
DO 1071 K=1,M
1071 CALL VERCO(NN,C,Y,P,H1,H2,CT1,IAUX,IVEZ,PF,PP,PF1,K)
```

```
DO 5526 J=1,KXI
DO 5526 I=1,C
5526 BETAF(J)=BETAF(J)+QP(I,J)/P(I)
DO 5530 J=1,KXI
XBETA=BETAF(J)/CT1(J)
CBETA=SQRT(1.-XBETA**2.)
XN=PF(J)*CBETA
YN=QC(J)
XNP=PF1(J)*CBETA
YN1=QTC(J)
SIGZE=-XN/ST
SIGZA=-XNP/ST
B2=B(1)-IVEZ(J)*DELTA
C-----SOLICITACOES MAXIMAS
TAU=(QMAX(J)+YN1)*AMEID/(B2*AJT)
SIG1=SIGZE/2.+((SIGZE/2.)**2.+(TAU)**2.)**0.5
SIG2=SIGZE/2.-((SIGZE/2.)**2.+(TAU)**2.)**0.5
IF(ABS(SIG2)-SIGR/0.73+SIGR*SIG1/(0.8*SIGT))5529,5529,5528
5529 WRITE(3,5531)J,SIG1,SIG2
5531 FORMAT(2X,I2,2X,'SEG. SOL. MAX. SG1='F5.0,1X,'T/M2',1X,'SG2='F7.0,
11X,'T/M2')
GO TO 5532
5528 WRITE(3,5533)J,SIG1,SIG2
5533 FORMAT(2X,I2,2X,'NAO SEG. SOL. MAX. SG1='F5.0,1X,'T/M2',1X,'SG2='F
15.0,1X,'T/M2')
5532 CONTINUE
C-----SOLICITACOES MINIMAS
TAU=(QMIN(J)+YN)*AMEID/(B2*AJT)
SIG1=SIGZA/2.+((SIGZA/2.)**2.+(TAU)**2.)**0.5
SIG2=SIGZA/2.-((SIGZA/2.)**2.+(TAU)**2.)**0.5
IF(ABS(SIG2)-SIGR/0.73+SIGR*SIG1/(0.8*SIGT))5536,5536,5535
5536 WRITE(3,5537)J,SIG1,SIG2
5537 FORMAT(2X,I2,2X,'SEG. SOL. MIN. SG1='F5.0,1X,'T/M2',1X,'SG2='F7.0,
11X,'T/M2')
GO TO 5550
5535 WRITE(3,5538)J,SIG1,SIG2
5538 FORMAT(2X,I2,2X,'NAO SEG. SOL. MIN. SG1='F5.0,1X,'T/M2',1X,'SG2='F
15.0,1X,'T/M2')
5550 CONTINUE
C
C-----VEIFICACAO COM A CARGA PERMANENTE
C
TAU=(QG(J)+YN)*AMEID/(B2*AJT)
SIG1=SIGZA/2.+((SIGZA/2.)**2.+(TAU)**2.)**0.5
SIG2=SIGZA/2.-((SIGZA/2.)**2.+(TAU)**2.)**0.5
IF(ABS(SIG2)-SIGR/0.73+SIGR*SIG1/(0.8*SIGT))5542,5542,5541
5542 WRITE(3,5544)J,SIG1,SIG2
5544 FORMAT(2X,I2,2X,'SEG. CAR. PER. SG1='F5.0,1X,'T/M2',1X,'SG2='F7.0,
11X,'T/M2')
GO TO 5551
5541 WRITE(3,5552)J,SIG1,SIG2
5552 FORMAT(2X,I2,2X,'NAO SEG. CAR. PER. SG1='F5.0,1X,'T/M2',1X,'SEG2='
1F5.0,1X,'T/M2')
5551 CONTINUE
C
C-----VERIFICACAO A FORCA CORTANTE-ESTADO LIMITE ULTIMO
QXP=QPP(J)
7409 QXG=QG(J)
IF(QXG*QXP)7401,7405,7402
7401 IF(QXG*YN)5610,7410,7410
5610 IF(ABS(YN1)+ABS(QXP)-ABS(QXG))5614,5614,5613
5614 QU=0.9*YN1+1.5*QXG
XNM=XN
GO TO 5735
5613 QU=YN+0.9*QXG+1.8*QXP
XNM=XNP
```



```
GO TO 5735
7410 IF(ABS(YN1)+ABS(QXG)-ABS(QXP))5612,5611,5611
5612 QU=0.9*YN1+0.9*QXG+1.8*QXP
XNM=XN
GO TO 5735
5611 QU=YN+1.5*QXG
XNM=XNP
GO TO 5735
7402 IF(QXG*YN)7405,5610,7404
7404 QU=YN+1.5*(QXG+1.2*QXP)
XNM=XNP
GO TO 5735
7405 IF(ABS(QXG)+ABS(QXP)-ABS(YN1))7408,7408,7407
7408 QU=YN+0.9*QXG
XNM=XNP
GO TO 5735
7407 QU=0.9*YN1+1.5*(QXG+1.2*QXP)
XNM=XN
5735 IF(QXP)5713,5712,5712
5712 QU1=QU
XNM1=XNM
GO TO 5715
5713 QU2=QU
XNM2=XNM
GO TO 5716
5715 QXP=QPN(J)
GO TO 7409
5716 IF(ABS(QU1)-ABS(QU2))5720,5720,5731
5720 QUMAX=QU2
XMAX=XNM2
GO TO 5732
5731 QUMAX=QU1
XMAX=XNM1
5732 TAUU=ABS(QUMAX)/(82*0.9*DH(1))
SIGZO=XMAX/ST
IF(TAUU-510.)5527,5527,5722
5527 IF(TAUU-0.143*SIGR)5721,5721,5722
5722 WRITE(3,5723)J,TAUU
5723 FORMAT(2X,12,3X,'TAUU='F5.0,1X,'T/M2',2X,'TAUU ULTRAPASSA OS LIMIT
IES')
GO TO 5530
5721 ETAT=1.-0.4*SQRT(SIGR)*(1.+2.*ABS(SIGZO)*1.5/SIGR)/TAUU
:-----ESTRIBO DE 3/8 POL)
TE=0.000142*SIGR/(82*ETAT*TAUU*1.15)
WRITE(3,5590)J,TE
5590 FORMAT(2X,12,3X,'ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO ='F10.5,1
1X,'M')
5530 CONTINUE
READ(2,1049) ICONT
1049 FORMAT(I1)
IF(ICONT)1310,1310,1311
1311 DO 8878 IJK=1,7
8(IJK)=8(IJK)*100.
8878 DH(IJK)=DH(IJK)*100.
GO TO 1331
1310 CALL EXIT
END
```

20

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

CONTRIBUIÇÃO AO CÁLCULO AUTOMÁTICO DE
VIGAS CONTÍNUAS PROTENDIDAS

APÊNDICE

(Resultados completos dos exemplos)

ENGº ALOISIO E. ASSAN

Í N D I C E

| | |
|---|----|
| <u>PRIMEIRO EXEMPLO</u> | 1 |
| Características geométricas da seção | 2 |
| Forças de protensão em cada cabo | 3 |
| Momentos devidos à protensão | 6 |
| Verificação das tensões | 7 |
| Forças cortantes | 10 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_D^+$ | 11 |
| Verificação à ruptura por flexão | 12 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_D^-$ | 13 |
| Verificação à ruptura por flexão | 14 |
| Verificação quanto à força cortante | 15 |
| <u>SEGUNDO EXEMPLO</u> | 19 |
| Características geométricas da seção | 20 |
| Forças de protensão em cada cabo | 21 |
| Momentos devidos à protensão | 24 |
| Verificação das tensões | 25 |
| Forças cortantes | 28 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_D^+$ | 29 |
| Verificação à ruptura por flexão | 30 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_D^-$ | 31 |
| Verificação à ruptura por flexão | 32 |
| Verificação quanto à força cortante | 33 |
| <u>TERCEIRO EXEMPLO</u> | 37 |
| Características geométricas da seção | 38 |
| Forças de protensão em cada cabo | 39 |
| Momentos devidos à protensão | 42 |
| Verificação das tensões | 43 |
| Forças cortantes | 46 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_D^+$ | 47 |
| Verificação à ruptura por flexão | 48 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_D^-$ | 49 |
| Verificação à ruptura por flexão | 50 |
| Verificação quanto à força cortante | 51 |

| | |
|---|--------|
| <u>QUARTO EXEMPLO</u> | 55 |
| Características geométricas da seção | 56 |
| Forças de protensão em cada cabo | 57 |
| Momentos devidos à protensão | 59 |
| Verificação das tensões | 60 |
| Forças cortantes | 63 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_p^+$ | 64 |
| Verificação à ruptura por flexão | 65 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_p^-$ | 66 |
| Verificação à ruptura por flexão | 67 |
| Verificação quanto à força cortante | 68 |
| <u>QUINTO EXEMPLO</u> | 72 |
| Características geométricas da seção | 73 |
| Forças de protensão em cada cabo | 74 |
| Momentos devidos à protensão | 76 |
| Verificação das tensões | 77 |
| Forças cortantes | 80 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_p^+$ | 81 |
| Verificação à ruptura por flexão | 82 |
| Verificação à fissuração e armadura suplementar com $1,2 M_p^-$ | 83 |
| Verificação à ruptura por flexão | 84 |
| Verificação quanto à força cortante | 85 |

1º EXEMPLO

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DA SECAO

| | |
|-----------------------------|----------------|
| MOMENTO DE INERCIA | =0.10654130 M4 |
| ALTURA DO C.G. | =0.4861 M |
| MODULO DE RESIST. WL | = 0.219166 M3 |
| MODULO DE RESIST. W2L | =0.257420 M3 |
| DISTANCIA NUCLEAR KL | =0.2530 M |
| DISTANCIA NUCLEAR K2L | 0.2972 M |
| AREA DA SECAO | =0.865998 M2 |
| MOM. ESTATICO ACIMA DO C.G. | =0.14364337 M3 |

| SEC. | C17 | C18 | C19 |
|------|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 16 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 17 | 20.0 | 20.0 | 0.0 |
| 18 | 19.9 | 19.9 | 20.0 |
| 19 | 18.9 | 18.9 | 18.5 |
| 20 | 17.9 | 17.9 | 17.7 |
| 21 | 17.3 | 17.3 | 16.6 |
| 22 | 16.9 | 16.9 | 16.0 |
| 23 | 16.9 | 16.9 | 15.9 |
| 24 | 16.8 | 16.8 | 15.9 |
| 25 | 16.4 | 16.4 | 15.5 |
| 26 | 16.1 | 16.1 | 15.2 |
| 27 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 28 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 29 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 30 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 31 | 15.8 | 15.8 | 14.9 |
| 32 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 33 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 34 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 35 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 36 | 16.1 | 16.1 | 15.2 |
| 37 | 16.4 | 16.4 | 15.5 |
| 38 | 16.8 | 16.8 | 15.9 |
| 39 | 16.9 | 16.9 | 15.9 |
| 40 | 16.9 | 16.9 | 16.0 |
| 41 | 17.3 | 17.3 | 16.6 |
| 42 | 17.9 | 17.9 | 17.7 |
| 43 | 18.9 | 18.9 | 18.5 |
| 44 | 19.9 | 19.9 | 19.9 |
| 45 | 19.9 | 19.9 | 0.0 |
| 46 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 47 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 48 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 49 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 53 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 54 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 55 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 56 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 57 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 58 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 59 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

MOMENTOS DEVIDOS A PROTENSÃO-TM

| SEC | HIPER | NUCLEARES | | MG | 1.2MP | |
|-----|-------|-----------|-------|--------|-------|--------|
| | | SUP | INF | | (+) | (-) |
| 1 | 0.0 | -58.0 | 29.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 1.4 | -66.5 | 40.3 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 3 | 2.9 | -84.4 | 41.9 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 4 | 4.4 | -99.4 | 45.2 | 16.8 | 61.0 | 17.7 |
| 5 | 5.9 | -113.7 | 48.4 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 6 | 7.4 | -120.7 | 39.0 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 7 | 8.9 | -128.2 | 30.2 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 8 | 10.4 | -127.6 | 29.5 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 9 | 11.8 | -127.3 | 29.3 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 10 | 13.3 | -125.4 | 30.7 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 11 | 14.8 | -123.4 | 31.9 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 12 | 16.3 | -117.2 | 37.2 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 13 | 17.8 | -110.6 | 42.7 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 14 | 19.3 | -99.4 | 52.7 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 15 | 20.8 | -87.2 | 62.8 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 16 | 22.3 | -64.3 | 83.6 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 17 | 23.7 | -72.2 | 96.5 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 18 | 25.2 | -53.4 | 124.9 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 19 | 26.7 | -12.2 | 162.4 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 20 | 28.2 | -0.9 | 170.2 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 21 | 29.7 | 9.7 | 177.3 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 22 | 29.7 | -8.6 | 156.5 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 23 | 29.7 | -26.5 | 136.2 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 24 | 29.7 | -71.8 | 88.2 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 25 | 29.7 | -118.0 | 39.4 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 26 | 29.7 | -145.2 | 9.7 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 27 | 29.7 | -167.4 | -14.7 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 28 | 29.7 | -168.7 | -18.0 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 29 | 29.7 | -171.2 | -21.3 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 30 | 29.7 | -170.3 | -21.2 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 31 | 29.7 | -169.7 | -21.1 | 80.7 | 151.7 | -23.4 |
| 32 | 29.7 | -170.3 | -21.2 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 33 | 29.7 | -171.2 | -21.3 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 34 | 29.7 | -168.7 | -18.0 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 35 | 29.7 | -167.4 | -14.7 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 36 | 29.7 | -145.2 | 9.7 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 37 | 29.7 | -118.0 | 39.4 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 38 | 29.7 | -71.8 | 88.2 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 39 | 29.7 | -26.5 | 136.2 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 40 | 29.7 | -8.6 | 156.5 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 41 | 29.7 | 9.7 | 177.3 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 42 | 28.2 | -0.9 | 170.2 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 43 | 26.7 | -12.2 | 162.4 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 44 | 25.2 | -53.4 | 124.9 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 45 | 23.7 | -72.2 | 96.5 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 46 | 22.3 | -64.3 | 83.6 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 47 | 20.8 | -87.2 | 62.8 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 48 | 19.3 | -99.4 | 52.7 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 49 | 17.8 | -110.6 | 42.7 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 50 | 16.3 | -117.2 | 37.2 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 51 | 14.8 | -123.4 | 31.9 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 52 | 13.3 | -125.4 | 30.7 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 53 | 11.8 | -127.3 | 29.3 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 54 | 10.4 | -127.6 | 29.5 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 55 | 8.9 | -128.2 | 30.2 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 56 | 7.4 | -120.7 | 39.0 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 57 | 5.9 | -113.7 | 48.4 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 58 | 4.4 | -99.4 | 45.2 | 16.8 | 61.0 | -17.7 |
| 59 | 2.9 | -84.4 | 41.9 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 60 | 1.4 | -66.5 | 40.3 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 61 | 0.0 | -58.0 | 29.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM A
PROTENSAO E A CARGA PERMANENTE

SECAO BO.INF. BO.SUP.

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM AS
CARGAS DE PROTENSAO, PERMANENTE E METADE DA MOVEL

| SECAO | BO.INF. | BO.SUP. | |
|-------|---------|---------|----------|
| 29 | 10. | -591. | INSEGURO |
| 30 | 40. | -613. | INSEGURO |
| 31 | 75. | -641. | INSEGURO |
| 32 | 40. | -613. | INSEGURO |
| 33 | 10. | -591. | INSEGURO |

SECAO BO.INF. BO.SUP.

TENSÕES NAS BORDAS EM CADA SECAO-T/M2

VERIFICADAS SEGUNDO P-NB-116 ITENS 3.1.2.E3.1.3.

TBICP=TENSAO NA BORDA INF. COM 1,2MP(+)
TBSCP=TENSAO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(+)
TBICN= TENSAO NA BORDA INF. COM 1,2MP(-)
TBSCN=TENSAO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(-)

| SECAO | TBICP | TBSCP | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -264. | -116. | SEGURO |
| 2 | -165. | -274. | SEGURO |
| 3 | -108. | -398. | SEGURO |
| 4 | -77. | -495. | SEGURO |
| 5 | -44. | -592. | SEGURO |
| 6 | -20. | -602. | SEGURO |
| 7 | -0. | -615. | SEGURO |
| 8 | 28. | -634. | SEGURO |
| 9 | 55. | -656. | SEGURO |
| 10 | 52. | -651. | SEGURO |
| 11 | 50. | -646. | SEGURO |
| 12 | 31. | -627. | SEGURO |
| 13 | 14. | -608. | SEGURO |
| 14 | -15. | -578. | SEGURO |
| 15 | -40. | -548. | SEGURO |
| 16 | -49. | -532. | SEGURO |
| 17 | -199. | -485. | SEGURO |
| 18 | -244. | -484. | SEGURO |
| 19 | -187. | -518. | SEGURO |
| 20 | -219. | -478. | SEGURO |
| 21 | -253. | -435. | SEGURO |
| 22 | -161. | -504. | SEGURO |
| 23 | -66. | -575. | SEGURO |
| 24 | -59. | -570. | SEGURO |
| 25 | -57. | -562. | SEGURO |
| 26 | 6. | -607. | SEGURO |
| 27 | 93. | -672. | SEGURO |
| 28 | 216. | -769. | SEGURO |
| 29 | 333. | -866. | SEGURO |
| 30 | 374. | -898. | SEGURO |
| 31 | 421. | -936. | SEGURO |
| 32 | 374. | -898. | SEGURO |
| 33 | 333. | -866. | SEGURO |
| 34 | 216. | -769. | SEGURO |
| 35 | 93. | -672. | SEGURO |
| 36 | 6. | -607. | SEGURO |
| 37 | -57. | -562. | SEGURO |
| 38 | -59. | -570. | SEGURO |
| 39 | -66. | -575. | SEGURO |
| 40 | -161. | -504. | SEGURO |
| 41 | -253. | -435. | SEGURO |
| 42 | -219. | -478. | SEGURO |
| 43 | -187. | -518. | SEGURO |
| 44 | -244. | -484. | SEGURO |
| 45 | -199. | -485. | SEGURO |
| 46 | -49. | -532. | SEGURO |
| 47 | -40. | -548. | SEGURO |
| 48 | -15. | -578. | SEGURO |
| 49 | 14. | -608. | SEGURO |
| 50 | 31. | -627. | SEGURO |
| 51 | 50. | -646. | SEGURO |
| 52 | 52. | -651. | SEGURO |
| 53 | 55. | -656. | SEGURO |
| 54 | 28. | -634. | SEGURO |
| 55 | -0. | -615. | SEGURO |
| 56 | -20. | -602. | SEGURO |
| 57 | -44. | -592. | SEGURO |
| 58 | -77. | -495. | SEGURO |
| 59 | -108. | -398. | SEGURO |
| 60 | -165. | -274. | SEGURO |
| 61 | -264. | -116. | SEGURO |

| SECAO | TBICN | TBSCN | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -264. | -116. | SEGURO |
| 2 | -294. | -164. | SEGURO |
| 3 | -366. | -178. | SEGURO |
| 4 | -274. | -327. | SEGURO |
| 5 | -505. | -199. | SEGURO |
| 6 | -552. | -150. | SEGURO |
| 7 | -601. | -103. | SEGURO |
| 8 | -625. | -77. | SEGURO |
| 9 | -651. | -54. | SEGURO |
| 10 | -682. | -26. | SEGURO |
| 11 | -712. | 2. | SEGURO |
| 12 | -735. | 25. | SEGURO |
| 13 | -756. | 48. | SEGURO |
| 14 | -769. | 63. | SEGURO |
| 15 | -777. | 78. | SEGURO |
| 16 | -748. | 62. | SEGURO |
| 17 | -860. | 77. | SEGURO |
| 18 | -864. | 42. | SEGURO |
| 19 | -765. | -26. | SEGURO |
| 20 | -859. | 66. | SEGURO |
| 21 | -955. | 162. | SEGURO |
| 22 | -696. | -48. | SEGURO |
| 23 | -435. | -261. | SEGURO |
| 24 | -470. | -221. | SEGURO |
| 25 | -509. | -177. | SEGURO |
| 26 | -535. | -145. | SEGURO |
| 27 | -539. | -133. | SEGURO |
| 28 | -484. | -172. | SEGURO |
| 29 | -435. | -211. | SEGURO |
| 30 | -408. | -231. | SEGURO |
| 31 | -377. | -255. | SEGURO |
| 32 | -408. | -231. | SEGURO |
| 33 | -435. | -211. | SEGURO |
| 34 | -484. | -172. | SEGURO |
| 35 | -539. | -133. | SEGURO |
| 36 | -535. | -145. | SEGURO |
| 37 | -509. | -177. | SEGURO |
| 38 | -470. | -221. | SEGURO |
| 39 | -435. | -261. | SEGURO |
| 40 | -696. | -48. | SEGURO |
| 41 | -955. | 162. | SEGURO |
| 42 | -859. | 66. | SEGURO |
| 43 | -765. | -26. | SEGURO |
| 44 | -864. | 42. | SEGURO |
| 45 | -860. | 77. | SEGURO |
| 46 | -748. | 62. | SEGURO |
| 47 | -777. | 78. | SEGURO |
| 48 | -769. | 63. | SEGURO |
| 49 | -756. | 48. | SEGURO |
| 50 | -735. | 25. | SEGURO |
| 51 | -712. | 2. | SEGURO |
| 52 | -682. | -26. | SEGURO |
| 53 | -651. | -54. | SEGURO |
| 54 | -625. | -77. | SEGURO |
| 55 | -601. | -103. | SEGURO |
| 56 | -552. | -150. | SEGURO |
| 57 | -505. | -199. | SEGURO |
| 58 | -437. | -189. | SEGURO |
| 59 | -366. | -178. | SEGURO |
| 60 | -294. | -164. | SEGURO |
| 61 | -264. | -116. | SEGURO |

FORÇAS CORTANTES-TON.

CPSP=CORTANTE DA PROTENSAO SEM PERDAS

CPCP=CORTANTE DA PROTENSAO COM PERDAS

| SEC. | CPSP | CPCP | MAX. | MIN. | QG | QP(+) | QP(-) |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -23.8 | -23.8 | 48.9 | 6.4 | 11.0 | 31.6 | -3.8 |
| 2 | -38.3 | -37.5 | 43.6 | 3.2 | 9.1 | 28.7 | -4.9 |
| 3 | -43.5 | -42.3 | 38.4 | 1.2 | 7.3 | 25.9 | -5.0 |
| 4 | -43.0 | -41.5 | 33.7 | -2.0 | 5.4 | 23.6 | -6.2 |
| 5 | -23.9 | -22.0 | 29.1 | -5.3 | 3.5 | 21.3 | -7.3 |
| 6 | -9.9 | -9.2 | 24.8 | -9.2 | 1.6 | 19.3 | -9.1 |
| 7 | -3.9 | -3.4 | 20.5 | -13.2 | -0.2 | 17.2 | -10.8 |
| 8 | 2.0 | 2.0 | -17.2 | 16.3 | -2.1 | 15.4 | -12.6 |
| 9 | 3.3 | 3.1 | -21.3 | 12.2 | -3.9 | 13.5 | -14.4 |
| 10 | 4.5 | 4.2 | -25.5 | 8.3 | -5.8 | 11.8 | -16.3 |
| 11 | 8.0 | 7.2 | -29.6 | 4.4 | -7.7 | 10.1 | -18.2 |
| 12 | 11.6 | 10.2 | -33.9 | 0.7 | -9.6 | 8.6 | -20.2 |
| 13 | 15.6 | 13.5 | -38.1 | -2.8 | -11.5 | 7.2 | -22.2 |
| 14 | 19.5 | 16.7 | -42.5 | -6.3 | -13.4 | 5.9 | -24.3 |
| 15 | 28.5 | 24.4 | -46.9 | -9.7 | -15.2 | 4.6 | -26.4 |
| 16 | 37.2 | 31.6 | -51.1 | -12.9 | -17.1 | 3.5 | -28.3 |
| 17 | 52.5 | 46.7 | -55.3 | -16.1 | -19.0 | 2.3 | -30.2 |
| 18 | 63.8 | 57.8 | -59.6 | -18.8 | -20.9 | 1.7 | -32.2 |
| 19 | 41.4 | 36.1 | -63.9 | -21.5 | -22.8 | 1.0 | -34.2 |
| 20 | 19.6 | 16.7 | -68.1 | -23.8 | -24.6 | 0.7 | -36.2 |
| 21 | 19.8 | 16.3 | -72.4 | -26.1 | -26.5 | 0.3 | -38.2 |
| 22 | -19.4 | -15.8 | 82.2 | 30.6 | 31.8 | 42.0 | -0.9 |
| 23 | -18.9 | -15.1 | 74.9 | 27.0 | 28.6 | 38.5 | -1.3 |
| 24 | -34.1 | -26.5 | 67.5 | 23.2 | 25.4 | 35.1 | -1.7 |
| 25 | -50.9 | -38.7 | 61.1 | 18.9 | 22.2 | 32.4 | -2.7 |
| 26 | -42.8 | -32.0 | 54.7 | 14.6 | 19.0 | 29.7 | -3.7 |
| 27 | -30.3 | -22.3 | 48.3 | 9.5 | 15.9 | 27.0 | -5.2 |
| 28 | -15.8 | -11.4 | 41.9 | 4.5 | 12.7 | 24.3 | -6.8 |
| 29 | -3.7 | -2.8 | 35.0 | -0.7 | 9.5 | 21.2 | -8.6 |
| 30 | -1.8 | -1.3 | 28.0 | -6.0 | 6.3 | 18.1 | -10.3 |
| 31 | -0.0 | -0.0 | 22.6 | -11.7 | 3.1 | 16.2 | -12.4 |
| 32 | -0.0 | -0.0 | -17.3 | 17.2 | 0.0 | 14.3 | -14.5 |
| 33 | -0.0 | -0.0 | -22.6 | 11.7 | -3.1 | 12.4 | -16.2 |
| 34 | 1.8 | 1.3 | -28.0 | 6.0 | -6.3 | 10.3 | -18.1 |
| 35 | 3.7 | 2.8 | -35.0 | 0.7 | -9.5 | 8.6 | -21.2 |
| 36 | 15.8 | 11.4 | -41.9 | -4.5 | -12.7 | 6.8 | -24.3 |
| 37 | 30.3 | 22.3 | -48.3 | -9.5 | -15.9 | 5.2 | -27.0 |
| 38 | 42.8 | 32.0 | -54.7 | -14.6 | -19.0 | 3.7 | -29.7 |
| 39 | 50.9 | 38.7 | -61.1 | -18.9 | -22.2 | 2.7 | -32.4 |
| 40 | 34.1 | 26.5 | -67.5 | -23.2 | -25.4 | 1.7 | -35.1 |
| 41 | 18.9 | 15.1 | -74.9 | -27.0 | -28.6 | 1.3 | -38.5 |
| 42 | 19.4 | 15.8 | -82.2 | -30.6 | -31.8 | 0.9 | -42.0 |
| 43 | -19.8 | -16.3 | 72.4 | 26.1 | 26.5 | 38.2 | -0.3 |
| 44 | -19.6 | -16.7 | 68.1 | 23.8 | 24.6 | 36.2 | -0.7 |
| 45 | -41.4 | -36.1 | 63.9 | 21.5 | 22.8 | 34.2 | -1.0 |
| 46 | -63.8 | -57.8 | 59.6 | 18.8 | 20.9 | 32.2 | -1.7 |
| 47 | -52.5 | -46.7 | 55.3 | 16.1 | 19.0 | 30.2 | -2.3 |
| 48 | -37.2 | -31.6 | 51.1 | 12.9 | 17.1 | 28.3 | -3.5 |
| 49 | -28.5 | -24.4 | 46.9 | 9.7 | 15.2 | 26.4 | -4.6 |
| 50 | -19.5 | -16.7 | 42.5 | 6.3 | 13.4 | 24.3 | -5.9 |
| 51 | -15.6 | -13.5 | 38.1 | 2.8 | 11.5 | 22.2 | -7.2 |
| 52 | -11.6 | -10.2 | 33.9 | -0.7 | 9.6 | 20.2 | -8.6 |
| 53 | -8.0 | -7.2 | 29.6 | -4.4 | 7.7 | 18.2 | -10.1 |
| 54 | -4.5 | -4.2 | 25.5 | -8.3 | 5.8 | 16.3 | -11.8 |
| 55 | -3.3 | -3.1 | 21.3 | -12.2 | 3.9 | 14.4 | -13.5 |
| 56 | -2.0 | -2.0 | 17.2 | -16.3 | 2.1 | 12.6 | -15.4 |
| 57 | 3.9 | 3.4 | -20.5 | 13.2 | 0.2 | 10.8 | -17.2 |
| 58 | 9.9 | 9.2 | -24.8 | 9.2 | -1.6 | 9.1 | -19.3 |
| 59 | 23.9 | 22.0 | -29.1 | 5.3 | -3.5 | 7.3 | -21.3 |
| 60 | 43.0 | 41.5 | -33.7 | 2.0 | -5.4 | 6.2 | -23.6 |
| 61 | 43.5 | 42.3 | -38.4 | -1.2 | -7.3 | 5.0 | -25.9 |
| 62 | 38.3 | 37.5 | -43.6 | -3.2 | -9.1 | 4.9 | -28.7 |
| 63 | 23.8 | 23.8 | -48.9 | -6.4 | -11.0 | 3.8 | -31.6 |

VERIFICACAO A FISSURACAO E ARMADURA SUPLEMENTAR

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

| | | | | | | | |
|----|----------|-----------|------------|--------|-------------|---|------------|
| 9 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 10 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 11 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 27 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 28 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 29 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 30 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 31 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 32 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 33 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 34 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 35 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 51 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 52 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 53 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 134.6 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 162.1 | 49.0 | SEGURO |
| 3 | 204.1 | 98.1 | SEGURO |
| 4 | 241.5 | 133.0 | SEGURO |
| 5 | 277.9 | 167.9 | SEGURO |
| 6 | 292.1 | 186.7 | SEGURO |
| 7 | 306.3 | 205.6 | SEGURO |
| 8 | 306.3 | 214.0 | SEGURO |
| 9 | 306.3 | 222.5 | SEGURO |
| 10 | 303.4 | 217.3 | SEGURO |
| 11 | 300.5 | 212.2 | SEGURO |
| 12 | 289.4 | 194.2 | SEGURO |
| 13 | 278.1 | 176.1 | SEGURO |
| 14 | 257.7 | 145.9 | SEGURO |
| 15 | 237.0 | 115.7 | SEGURO |
| 16 | 252.5 | 73.7 | SEGURO |
| 17 | 290.6 | 31.6 | SEGURO |
| 18 | 350.2 | -16.7 | SEGURO |
| 19 | 423.5 | -65.1 | SEGURO |
| 20 | 444.1 | -96.0 | SEGURO |
| 21 | 464.8 | -127.0 | SEGURO |
| 22 | 426.7 | -63.3 | SEGURO |
| 23 | 389.5 | 0.2 | SEGURO |
| 24 | 291.2 | 77.5 | SEGURO |
| 25 | 340.0 | 154.7 | SEGURO |
| 26 | 405.5 | 222.7 | SEGURO |
| 27 | 460.7 | 290.7 | SEGURO |
| 28 | 468.3 | 337.3 | SEGURO |
| 29 | 475.7 | 383.9 | SEGURO |
| 30 | 475.7 | 397.3 | SEGURO |
| 31 | 475.7 | 413.3 | SEGURO |
| 32 | 475.7 | 397.3 | SEGURO |
| 33 | 475.7 | 383.9 | SEGURO |
| 34 | 468.3 | 337.3 | SEGURO |
| 35 | 460.7 | 290.7 | SEGURO |
| 36 | 405.5 | 222.7 | SEGURO |
| 37 | 340.0 | 154.7 | SEGURO |
| 38 | 291.2 | 77.5 | SEGURO |
| 39 | 389.5 | 0.2 | SEGURO |
| 40 | 426.7 | -63.3 | SEGURO |
| 41 | 464.8 | -127.0 | SEGURO |
| 42 | 444.1 | -96.0 | SEGURO |
| 43 | 423.5 | -65.1 | SEGURO |
| 44 | 350.2 | -16.7 | SEGURO |
| 45 | 290.6 | 31.6 | SEGURO |
| 46 | 252.5 | 73.7 | SEGURO |
| 47 | 237.0 | 115.7 | SEGURO |
| 48 | 257.7 | 145.9 | SEGURO |
| 49 | 278.1 | 176.1 | SEGURO |
| 50 | 289.4 | 194.2 | SEGURO |
| 51 | 300.5 | 212.2 | SEGURO |
| 52 | 303.4 | 217.3 | SEGURO |
| 53 | 306.3 | 222.5 | SEGURO |
| 54 | 306.3 | 214.0 | SEGURO |
| 55 | 306.3 | 205.6 | SEGURO |
| 56 | 292.1 | 186.7 | SEGURO |
| 57 | 277.9 | 167.9 | SEGURO |
| 58 | 241.5 | 133.0 | SEGURO |
| 59 | 204.1 | 98.1 | SEGURO |
| 60 | 162.1 | 49.0 | SEGURO |
| 61 | 134.6 | 0.0 | SEGURO |

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

- 13 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 2.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.47 CM
- 14 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.9 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.63 CM
- 15 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 0.6 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 16 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 17 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 20 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 21 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 41 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 42 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 45 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 46 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 47 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 0.6 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 48 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.9 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.63 CM
- 49 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 2.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.47 CM

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 134.6 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 162.1 | 49.0 | SEGURO |
| 3 | 204.1 | 98.1 | SEGURO |
| 4 | 241.5 | 133.0 | SEGURO |
| 5 | 277.9 | 167.9 | SEGURO |
| 6 | 292.1 | 186.7 | SEGURO |
| 7 | 306.3 | 205.6 | SEGURO |
| 8 | 306.3 | 214.0 | SEGURO |
| 9 | 306.3 | 222.5 | SEGURO |
| 10 | 303.4 | 217.3 | SEGURO |
| 11 | 300.5 | 212.2 | SEGURO |
| 12 | 289.4 | 194.2 | SEGURO |
| 13 | 280.9 | 176.1 | SEGURO |
| 14 | 262.1 | 145.9 | SEGURO |
| 15 | 237.7 | 115.7 | SEGURO |
| 16 | 252.5 | 73.7 | SEGURO |
| 17 | 290.6 | 31.6 | SEGURO |
| 18 | 350.2 | -16.7 | SEGURO |
| 19 | 423.5 | -65.1 | SEGURO |
| 20 | 444.1 | -96.0 | SEGURO |
| 21 | 464.8 | -127.0 | SEGURO |
| 22 | 426.7 | -63.3 | SEGURO |
| 23 | 389.5 | 0.2 | SEGURO |
| 24 | 291.2 | 77.5 | SEGURO |
| 25 | 340.0 | 154.7 | SEGURO |
| 26 | 405.5 | 222.7 | SEGURO |
| 27 | 460.7 | 290.7 | SEGURO |
| 28 | 468.3 | 337.3 | SEGURO |
| 29 | 475.7 | 383.9 | SEGURO |
| 30 | 475.7 | 397.3 | SEGURO |
| 31 | 475.7 | 413.3 | SEGURO |
| 32 | 475.7 | 397.3 | SEGURO |
| 33 | 475.7 | 383.9 | SEGURO |
| 34 | 468.3 | 337.3 | SEGURO |
| 35 | 460.7 | 290.7 | SEGURO |
| 36 | 405.5 | 222.7 | SEGURO |
| 37 | 340.0 | 154.7 | SEGURO |
| 38 | 291.2 | 77.5 | SEGURO |
| 39 | 389.5 | 0.2 | SEGURO |
| 40 | 426.7 | -63.3 | SEGURO |
| 41 | 464.8 | -127.0 | SEGURO |
| 42 | 444.1 | -96.0 | SEGURO |
| 43 | 423.5 | -65.1 | SEGURO |
| 44 | 350.2 | -16.7 | SEGURO |
| 45 | 290.6 | 31.6 | SEGURO |
| 46 | 252.5 | 73.7 | SEGURO |
| 47 | 237.7 | 115.7 | SEGURO |
| 48 | 262.1 | 145.9 | SEGURO |
| 49 | 280.9 | 176.1 | SEGURO |
| 50 | 289.4 | 194.2 | SEGURO |
| 51 | 300.5 | 212.2 | SEGURO |
| 52 | 303.4 | 217.3 | SEGURO |
| 53 | 306.3 | 222.5 | SEGURO |
| 54 | 306.3 | 214.0 | SEGURO |
| 55 | 306.3 | 205.6 | SEGURO |
| 56 | 292.1 | 186.7 | SEGURO |
| 57 | 277.9 | 167.9 | SEGURO |
| 58 | 241.5 | 133.0 | SEGURO |
| 59 | 204.1 | 98.1 | SEGURO |
| 60 | 162.1 | 49.0 | SEGURO |
| 61 | 134.6 | 0.0 | SEGURO |

VERIFICACAO QUANTO A FORCA CORTANTE

SG1=TENSAO PRINC. DE TRACAO

SG2=TENSAO PRINC. DE COMPR.

SECAO

| | | | |
|----|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 81. T/M2 | SG2= -263. T/M2 |
| 1 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 44. T/M2 | SG2= -227. T/M2 |
| 1 | SEG. CAR. PER. | SG1= 26. T/M2 | SG2= -208. T/M2 |
| 1 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05149 M |
| 2 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 5. T/M2 | SG2= -225. T/M2 |
| 2 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 120. T/M2 | SG2= -346. T/M2 |
| 2 | SEG. CAR. PER. | SG1= 90. T/M2 | SG2= -316. T/M2 |
| 2 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.07173 M |
| 3 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 2. T/M2 | SG2= -262. T/M2 |
| 3 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 144. T/M2 | SG2= -417. T/M2 |
| 3 | SEG. CAR. PER. | SG1= 114. T/M2 | SG2= -386. T/M2 |
| 3 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05949 M |
| 4 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 6. T/M2 | SG2= -306. T/M2 |
| 4 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 147. T/M2 | SG2= -466. T/M2 |
| 4 | SEG. CAR. PER. | SG1= 111. T/M2 | SG2= -430. T/M2 |
| 4 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05520 M |
| 5 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 4. T/M2 | SG2= -344. T/M2 |
| 5 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 66. T/M2 | SG2= -434. T/M2 |
| 5 | SEG. CAR. PER. | SG1= 34. T/M2 | SG2= -403. T/M2 |
| 5 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.08583 M |
| 6 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 22. T/M2 | SG2= -357. T/M2 |
| 6 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 31. T/M2 | SG2= -400. T/M2 |
| 6 | SEG. CAR. PER. | SG1= 6. T/M2 | SG2= -375. T/M2 |
| 6 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.10437 M |
| 7 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 36. T/M2 | SG2= -368. T/M2 |
| 7 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 33. T/M2 | SG2= -403. T/M2 |
| 7 | SEG. CAR. PER. | SG1= 2. T/M2 | SG2= -371. T/M2 |
| 7 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.10576 M |
| 8 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 29. T/M2 | SG2= -359. T/M2 |
| 8 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 38. T/M2 | SG2= -408. T/M2 |
| 8 | SEG. CAR. PER. | SG1= -0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 8 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.10550 M |
| 9 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 41. T/M2 | SG2= -370. T/M2 |
| 9 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 28. T/M2 | SG2= -397. T/M2 |
| 9 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 9 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.09968 M |
| 10 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 54. T/M2 | SG2= -382. T/M2 |
| 10 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 19. T/M2 | SG2= -389. T/M2 |
| 10 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 10 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.08174 M |
| 11 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 60. T/M2 | SG2= -386. T/M2 |
| 11 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 18. T/M2 | SG2= -388. T/M2 |
| 11 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 11 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.07276 M |
| 12 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 66. T/M2 | SG2= -390. T/M2 |
| 12 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 18. T/M2 | SG2= -387. T/M2 |
| 12 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 12 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.06551 M |
| 13 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 71. T/M2 | SG2= -393. T/M2 |
| 13 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 19. T/M2 | SG2= -388. T/M2 |
| 13 | SEG. CAR. PER. | SG1= 2. T/M2 | SG2= -371. T/M2 |
| 13 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05997 M |
| 14 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 78. T/M2 | SG2= -396. T/M2 |
| 14 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 20. T/M2 | SG2= -389. T/M2 |
| 14 | SEG. CAR. PER. | SG1= 4. T/M2 | SG2= -373. T/M2 |
| 14 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05484 M |
| 15 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 62. T/M2 | SG2= -376. T/M2 |
| 15 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 40. T/M2 | SG2= -408. T/M2 |
| 15 | SEG. CAR. PER. | SG1= 21. T/M2 | SG2= -389. T/M2 |
| 15 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05531 M |

16 SEG. SOL. MAX. SG1= 49. T/M2 SG2= -357. T/M2
16 SEG. SOL. MIN. SG1= 63. T/M2 SG2= -430. T/M2
16 SEG. CAR. PER. SG1= 45. T/M2 SG2= -412. T/M2
16 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05553 M
17 SEG. SOL. MAX. SG1= 9. T/M2 SG2= -359. T/M2
17 SEG. SOL. MIN. SG1= 116. T/M2 SG2= -528. T/M2
17 SEG. CAR. PER. SG1= 101. T/M2 SG2= -513. T/M2
17 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06709 M
18 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
18 SEG. SOL. MIN. SG1= 158. T/M2 SG2= -591. T/M2
18 SEG. CAR. PER. SG1= 147. T/M2 SG2= -580. T/M2
18 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05613 M
19 SEG. SOL. MAX. SG1= 80. T/M2 SG2= -444. T/M2
19 SEG. SOL. MIN. SG1= 38. T/M2 SG2= -474. T/M2
19 SEG. CAR. PER. SG1= 34. T/M2 SG2= -470. T/M2
19 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04129 M
20 SEG. SOL. MAX. SG1= 214. T/M2 SG2= -572. T/M2
20 SEG. SOL. MIN. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
20 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
20 TAUU= 543. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
21 SEG. SOL. MAX. SG1= 244. T/M2 SG2= -596. T/M2
21 SEG. SOL. MIN. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
21 SEG. CAR. PER. SG1= 4. T/M2 SG2= -443. T/M2
21 TAUU= 585. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
22 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 309. T/M2 SG2=-660. T/M2
22 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -451. T/M2
22 SEG. CAR. PER. SG1= 15. T/M2 SG2= -453. T/M2
22 TAUU= 680. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
23 SEG. SOL. MAX. SG1= 269. T/M2 SG2= -615. T/M2
23 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -444. T/M2
23 SEG. CAR. PER. SG1= 9. T/M2 SG2= -447. T/M2
23 TAUU= 615. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
24 SEG. SOL. MAX. SG1= 156. T/M2 SG2= -496. T/M2
24 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -449. T/M2
24 SEG. CAR. PER. SG1= 7. T/M2 SG2= -444. T/M2
24 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03318 M
25 SEG. SOL. MAX. SG1= 82. T/M2 SG2= -414. T/M2
25 SEG. SOL. MIN. SG1= 123. T/M2 SG2= -558. T/M2
25 SEG. CAR. PER. SG1= 103. T/M2 SG2= -538. T/M2
25 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04555 M
26 SEG. SOL. MAX. SG1= 84. T/M2 SG2= -412. T/M2
26 SEG. SOL. MIN. SG1= 100. T/M2 SG2= -536. T/M2
26 SEG. CAR. PER. SG1= 74. T/M2 SG2= -510. T/M2
26 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04888 M
27 SEG. SOL. MAX. SG1= 106. T/M2 SG2= -430. T/M2
27 SEG. SOL. MIN. SG1= 58. T/M2 SG2= -496. T/M2
27 SEG. CAR. PER. SG1= 30. T/M2 SG2= -467. T/M2
27 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04977 M
28 SEG. SOL. MAX. SG1= 102. T/M2 SG2= -422. T/M2
28 SEG. SOL. MIN. SG1= 13. T/M2 SG2= -451. T/M2
28 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
28 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05042 M
29 SEG. SOL. MAX. SG1= 112. T/M2 SG2= -428. T/M2
29 SEG. SOL. MIN. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
29 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -442. T/M2
29 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05337 M
30 SEG. SOL. MAX. SG1= 83. T/M2 SG2= -397. T/M2
30 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -445. T/M2
30 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
30 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06690 M
31 SEG. SOL. MAX. SG1= 63. T/M2 SG2= -376. T/M2
31 SEG. SOL. MIN. SG1= 14. T/M2 SG2= -452. T/M2
31 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
31 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08289 M

32 SEG. SOL. MAX. SG1= 39. T/M2 SG2= -351. T/M2
32 SEG. SOL. MIN. SG1= 29. T/M2 SG2= -468. T/M2
32 SEG. CAR. PER. SG1= -0. T/M2 SG2= -438. T/M2
32 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.11379 M
33 SEG. SOL. MAX. SG1= 63. T/M2 SG2= -376. T/M2
33 SEG. SOL. MIN. SG1= 14. T/M2 SG2= -452. T/M2
33 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
33 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08400 M
34 SEG. SOL. MAX. SG1= 83. T/M2 SG2= -397. T/M2
34 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -445. T/M2
34 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
34 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06690 M
35 SEG. SOL. MAX. SG1= 112. T/M2 SG2= -428. T/M2
35 SEG. SOL. MIN. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
35 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -442. T/M2
35 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05337 M
36 SEG. SOL. MAX. SG1= 102. T/M2 SG2= -422. T/M2
36 SEG. SOL. MIN. SG1= 13. T/M2 SG2= -451. T/M2
36 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
36 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05042 M
37 SEG. SOL. MAX. SG1= 106. T/M2 SG2= -430. T/M2
37 SEG. SOL. MIN. SG1= 58. T/M2 SG2= -496. T/M2
37 SEG. CAR. PER. SG1= 30. T/M2 SG2= -467. T/M2
37 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04977 M
38 SEG. SOL. MAX. SG1= 84. T/M2 SG2= -412. T/M2
38 SEG. SOL. MIN. SG1= 100. T/M2 SG2= -536. T/M2
38 SEG. CAR. PER. SG1= 74. T/M2 SG2= -510. T/M2
38 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04888 M
39 SEG. SOL. MAX. SG1= 82. T/M2 SG2= -414. T/M2
39 SEG. SOL. MIN. SG1= 123. T/M2 SG2= -558. T/M2
39 SEG. CAR. PER. SG1= 103. T/M2 SG2= -538. T/M2
39 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04555 M
40 SEG. SOL. MAX. SG1= 156. T/M2 SG2= -496. T/M2
40 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -449. T/M2
40 SEG. CAR. PER. SG1= 7. T/M2 SG2= -444. T/M2
40 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03318 M
41 SEG. SOL. MAX. SG1= 269. T/M2 SG2= -615. T/M2
41 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -444. T/M2
41 SEG. CAR. PER. SG1= 9. T/M2 SG2= -447. T/M2
41 TAUU= 615. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
42 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 309. T/M2 SG2=-660. T/M2
42 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -451. T/M2
42 SEG. CAR. PER. SG1= 15. T/M2 SG2= -453. T/M2
42 TAUU= 680. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
43 SEG. SOL. MAX. SG1= 244. T/M2 SG2= -596. T/M2
43 SEG. SOL. MIN. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
43 SEG. CAR. PER. SG1= 4. T/M2 SG2= -443. T/M2
43 TAUU= 585. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
44 SEG. SOL. MAX. SG1= 214. T/M2 SG2= -572. T/M2
44 SEG. SOL. MIN. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
44 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
44 TAUU= 543. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
45 SEG. SOL. MAX. SG1= 80. T/M2 SG2= -444. T/M2
45 SEG. SOL. MIN. SG1= 38. T/M2 SG2= -474. T/M2
45 SEG. CAR. PER. SG1= 34. T/M2 SG2= -470. T/M2
45 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04129 M
46 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
46 SEG. SOL. MIN. SG1= 158. T/M2 SG2= -591. T/M2
46 SEG. CAR. PER. SG1= 147. T/M2 SG2= -580. T/M2
46 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05613 M
47 SEG. SOL. MAX. SG1= 9. T/M2 SG2= -359. T/M2
47 SEG. SOL. MIN. SG1= 116. T/M2 SG2= -528. T/M2
47 SEG. CAR. PER. SG1= 101. T/M2 SG2= -513. T/M2
47 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06709 M

48 SEG. SOL. MAX. SG1= 49. T/M2 SG2= -357. T/M2
48 SEG. SOL. MIN. SG1= 63. T/M2 SG2= -430. T/M2
48 SEG. CAR. PER. SG1= 45. T/M2 SG2= -412. T/M2
48 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05553 M
49 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -376. T/M2
49 SEG. SOL. MIN. SG1= 40. T/M2 SG2= -408. T/M2
49 SEG. CAR. PER. SG1= 21. T/M2 SG2= -389. T/M2
49 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05531 M
50 SEG. SOL. MAX. SG1= 78. T/M2 SG2= -396. T/M2
50 SEG. SOL. MIN. SG1= 20. T/M2 SG2= -389. T/M2
50 SEG. CAR. PER. SG1= 4. T/M2 SG2= -373. T/M2
50 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05484 M
51 SEG. SOL. MAX. SG1= 71. T/M2 SG2= -393. T/M2
51 SEG. SOL. MIN. SG1= 19. T/M2 SG2= -388. T/M2
51 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -371. T/M2
51 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05997 M
52 SEG. SOL. MAX. SG1= 66. T/M2 SG2= -390. T/M2
52 SEG. SOL. MIN. SG1= 18. T/M2 SG2= -387. T/M2
52 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
52 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06551 M
53 SEG. SOL. MAX. SG1= 60. T/M2 SG2= -386. T/M2
53 SEG. SOL. MIN. SG1= 18. T/M2 SG2= -388. T/M2
53 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
53 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07276 M
54 SEG. SOL. MAX. SG1= 54. T/M2 SG2= -382. T/M2
54 SEG. SOL. MIN. SG1= 19. T/M2 SG2= -389. T/M2
54 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
54 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08174 M
55 SEG. SOL. MAX. SG1= 41. T/M2 SG2= -370. T/M2
55 SEG. SOL. MIN. SG1= 28. T/M2 SG2= -397. T/M2
55 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
55 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09968 M
56 SEG. SOL. MAX. SG1= 29. T/M2 SG2= -359. T/M2
56 SEG. SOL. MIN. SG1= 38. T/M2 SG2= -408. T/M2
56 SEG. CAR. PER. SG1= -0. T/M2 SG2= -369. T/M2
56 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10550 M
57 SEG. SOL. MAX. SG1= 36. T/M2 SG2= -368. T/M2
57 SEG. SOL. MIN. SG1= 33. T/M2 SG2= -403. T/M2
57 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -371. T/M2
57 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10576 M
58 SEG. SOL. MAX. SG1= 22. T/M2 SG2= -357. T/M2
58 SEG. SOL. MIN. SG1= 31. T/M2 SG2= -400. T/M2
58 SEG. CAR. PER. SG1= 6. T/M2 SG2= -375. T/M2
58 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10437 M
59 SEG. SOL. MAX. SG1= 4. T/M2 SG2= -344. T/M2
59 SEG. SOL. MIN. SG1= 66. T/M2 SG2= -434. T/M2
59 SEG. CAR. PER. SG1= 34. T/M2 SG2= -403. T/M2
59 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08583 M
60 SEG. SOL. MAX. SG1= 6. T/M2 SG2= -306. T/M2
60 SEG. SOL. MIN. SG1= 147. T/M2 SG2= -466. T/M2
60 SEG. CAR. PER. SG1= 111. T/M2 SG2= -430. T/M2
60 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05520 M
61 SEG. SOL. MAX. SG1= 2. T/M2 SG2= -262. T/M2
61 SEG. SOL. MIN. SG1= 144. T/M2 SG2= -417. T/M2
61 SEG. CAR. PER. SG1= 114. T/M2 SG2= -386. T/M2
61 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05949 M
62 SEG. SOL. MAX. SG1= 5. T/M2 SG2= -225. T/M2
62 SEG. SOL. MIN. SG1= 120. T/M2 SG2= -346. T/M2
62 SEG. CAR. PER. SG1= 90. T/M2 SG2= -316. T/M2
62 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07173 M
63 SEG. SOL. MAX. SG1= 81. T/M2 SG2= -263. T/M2
63 SEG. SOL. MIN. SG1= 44. T/M2 SG2= -227. T/M2
63 SEG. CAR. PER. SG1= 26. T/M2 SG2= -208. T/M2
63 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05149 M

2º EJEMPLO

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DA SECAO

| | |
|-----------------------------|----------------|
| MOMENTO DE INERCIA | =0.10654130 M4 |
| ALTURA DO C.G. | =0.4861 M |
| MODULO DE RESIST. WL | = 0.219166 M3 |
| MODULO DE RESIST. W2L | =0.257420 M3 |
| DISTANCIA NUCLEAR KL | =0.2530 M |
| DISTANCIA NUCLEAR K2L | 0.2972 M |
| AREA DA SECAO | =0.865998 M2 |
| MOM. ESTATICO ACIMA DO C.G. | =0.14364337 M3 |

| SEC. | C17 | C18 | C19 |
|------|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 16 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 17 | 20.0 | 20.0 | 0.0 |
| 18 | 19.9 | 19.9 | 20.0 |
| 19 | 18.9 | 18.9 | 18.5 |
| 20 | 17.9 | 17.9 | 17.7 |
| 21 | 17.3 | 17.3 | 16.6 |
| 22 | 16.9 | 16.9 | 16.0 |
| 23 | 16.9 | 16.9 | 15.9 |
| 24 | 16.8 | 16.8 | 15.9 |
| 25 | 16.4 | 16.4 | 15.5 |
| 26 | 16.1 | 16.1 | 15.2 |
| 27 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 28 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 29 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 30 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 31 | 15.8 | 15.8 | 14.9 |
| 32 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 33 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 34 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 35 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 36 | 16.1 | 16.1 | 15.2 |
| 37 | 16.4 | 16.4 | 15.5 |
| 38 | 16.3 | 16.3 | 15.9 |
| 39 | 16.9 | 16.9 | 15.9 |
| 40 | 16.9 | 16.9 | 16.0 |
| 41 | 17.3 | 17.3 | 16.6 |
| 42 | 17.9 | 17.9 | 17.7 |
| 43 | 18.9 | 18.9 | 18.5 |
| 44 | 19.9 | 19.9 | 19.9 |
| 45 | 19.9 | 19.9 | 0.0 |
| 46 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 47 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 48 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 49 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 53 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 54 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 55 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 56 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 57 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 58 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 59 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

MOMENTOS DEVIDOS A PROTENSÃO-TM

| SEC | HIPER | NUCLEARES | | MG | 1.2MP | |
|-----|-------|-----------|-------|--------|-------|--------|
| | | SUP | INF | | (+) | (-) |
| 1 | 0.0 | -60.0 | 27.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 1.9 | -66.9 | 40.3 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 3 | 3.9 | -84.7 | 42.4 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 4 | 5.9 | -100.5 | 45.0 | 16.8 | 61.0 | 17.7 |
| 5 | 7.9 | -115.6 | 47.3 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 6 | 9.9 | -122.9 | 37.6 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 7 | 11.8 | -130.7 | 28.5 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 8 | 13.8 | -130.1 | 27.8 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 9 | 15.8 | -129.8 | 27.7 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 10 | 17.8 | -128.4 | 28.6 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 11 | 19.8 | -127.0 | 29.5 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 12 | 21.8 | -124.4 | 31.6 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 13 | 23.7 | -120.5 | 34.6 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 14 | 25.7 | -113.0 | 41.1 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 15 | 27.7 | -103.6 | 48.4 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 16 | 29.7 | -80.0 | 69.9 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 17 | 31.7 | -87.8 | 83.1 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 18 | 33.7 | -66.3 | 114.6 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 19 | 35.6 | -22.7 | 154.2 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 20 | 37.6 | -9.6 | 163.7 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 21 | 39.6 | 2.0 | 171.5 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 22 | 39.6 | -17.8 | 148.8 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 23 | 39.6 | -40.3 | 123.9 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 24 | 39.6 | -85.3 | 76.2 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 25 | 39.6 | -136.7 | 22.4 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 26 | 39.6 | -157.2 | -0.9 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 27 | 39.6 | -174.0 | -19.6 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 28 | 39.6 | -174.7 | -22.0 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 29 | 39.6 | -175.8 | -23.9 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 30 | 39.6 | -175.1 | -23.8 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 31 | 39.6 | -174.4 | -23.7 | 80.7 | 151.7 | -23.4 |
| 32 | 39.6 | -175.1 | -23.8 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 33 | 39.6 | -175.8 | -23.9 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 34 | 39.6 | -174.7 | -22.0 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 35 | 39.6 | -174.0 | -19.6 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 36 | 39.6 | -157.2 | -0.9 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 37 | 39.6 | -136.6 | 22.4 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 38 | 39.6 | -85.3 | 76.2 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 39 | 39.6 | -40.3 | 123.9 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 40 | 39.6 | -17.8 | 148.8 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 41 | 39.6 | 2.0 | 171.4 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 42 | 37.6 | -9.2 | 164.0 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 43 | 35.6 | -22.7 | 154.3 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 44 | 33.6 | -66.3 | 114.6 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 45 | 31.7 | -87.8 | 83.2 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 46 | 29.7 | -80.0 | 69.9 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 47 | 27.7 | -103.5 | 48.4 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 48 | 25.7 | -113.5 | 40.7 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 49 | 23.7 | -120.5 | 34.7 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 50 | 21.7 | -124.4 | 31.6 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 51 | 19.8 | -127.0 | 29.6 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 52 | 17.8 | -128.4 | 28.6 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 53 | 15.8 | -129.8 | 27.7 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 54 | 13.8 | -130.1 | 27.9 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 55 | 11.8 | -130.7 | 28.6 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 56 | 9.9 | -122.9 | 37.7 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 57 | 7.9 | -115.6 | 47.4 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 58 | 5.9 | -100.5 | 45.0 | 16.8 | 61.0 | -17.7 |
| 59 | 3.9 | -84.7 | 42.4 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 60 | 1.9 | -66.9 | 40.3 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 61 | -0.0 | -60.0 | 27.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM A
PROTENSAO E A CARGA PERMANENTE

SECAO BO.INF. BO.SUP.

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM AS
CARGAS DE PROTENSAO, PERMANENTE E METADE DA MOVEL

| SECAO | BO.INF. | BO.SUP. | |
|-------|---------|---------|----------|
| 29 | 34. | -620. | INSEGURO |
| 30 | 63. | -641. | INSEGURO |
| 31 | 99. | -670. | INSEGURO |
| 32 | 63. | -641. | INSEGURO |
| 33 | 34. | -620. | INSEGURO |

SECAO BO.INF. BO.SUP.

TENSÕES NAS BORDAS EM CADA SECAO-T/M2

VERIFICADAS SEGUNDO P-NB-116 ITENS 3.1.2.E3.1.3.

TBICP=TENSÃO NA BORDA INF. COM 1,2MP(+)
TBSCP=TENSÃO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(+)
TBICN= TENSÃO NA BORDA INF. COM 1,2MP(-)
TBSCN=TENSÃO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(-)

| SECAO | TBICP | TBSCP | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -274. | -108. | SEGURO |
| 2 | -164. | -276. | SEGURO |
| 3 | -105. | -404. | SEGURO |
| 4 | -76. | -500. | SEGURO |
| 5 | -43. | -596. | SEGURO |
| 6 | -19. | -607. | SEGURO |
| 7 | 1. | -620. | SEGURO |
| 8 | 32. | -641. | SEGURO |
| 9 | 62. | -665. | SEGURO |
| 10 | 59. | -660. | SEGURO |
| 11 | 56. | -656. | SEGURO |
| 12 | 23. | -626. | SEGURO |
| 13 | -3. | -599. | SEGURO |
| 14 | -48. | -558. | SEGURO |
| 15 | -83. | -519. | SEGURO |
| 16 | -87. | -508. | SEGURO |
| 17 | -234. | -464. | SEGURO |
| 18 | -264. | -477. | SEGURO |
| 19 | -194. | -521. | SEGURO |
| 20 | -215. | -489. | SEGURO |
| 21 | -243. | -451. | SEGURO |
| 22 | -157. | -513. | SEGURO |
| 23 | -84. | -566. | SEGURO |
| 24 | -76. | -562. | SEGURO |
| 25 | -97. | -535. | SEGURO |
| 26 | -2. | -604. | SEGURO |
| 27 | 108. | -692. | SEGURO |
| 28 | 234. | -792. | SEGURO |
| 29 | 357. | -895. | SEGURO |
| 30 | 398. | -926. | SEGURO |
| 31 | 445. | -965. | SEGURO |
| 32 | 398. | -926. | SEGURO |
| 33 | 357. | -895. | SEGURO |
| 34 | 234. | -792. | SEGURO |
| 35 | 108. | -692. | SEGURO |
| 36 | -2. | -604. | SEGURO |
| 37 | -97. | -535. | SEGURO |
| 38 | -76. | -562. | SEGURO |
| 39 | -84. | -566. | SEGURO |
| 40 | -157. | -513. | SEGURO |
| 41 | -243. | -451. | SEGURO |
| 42 | -214. | -490. | SEGURO |
| 43 | -195. | -521. | SEGURO |
| 44 | -265. | -477. | SEGURO |
| 45 | -234. | -464. | SEGURO |
| 46 | -87. | -508. | SEGURO |
| 47 | -83. | -519. | SEGURO |
| 48 | -50. | -556. | SEGURO |
| 49 | -3. | -600. | SEGURO |
| 50 | 23. | -626. | SEGURO |
| 51 | 56. | -656. | SEGURO |
| 52 | 59. | -661. | SEGURO |
| 53 | 62. | -665. | SEGURO |
| 54 | 32. | -641. | SEGURO |
| 55 | 1. | -620. | SEGURO |
| 56 | -19. | -607. | SEGURO |
| 57 | -43. | -596. | SEGURO |
| 58 | -76. | -500. | SEGURO |
| 59 | -105. | -404. | SEGURO |
| 60 | -164. | -276. | SEGURO |
| 61 | -274. | -108. | SEGURO |

| SECAO | TBICN | TBSCN | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -274. | -108. | SEGURO |
| 2 | -293. | -166. | SEGURO |
| 3 | -363. | -184. | SEGURO |
| 4 | -273. | -332. | SEGURO |
| 5 | -505. | -203. | SEGURO |
| 6 | -550. | -154. | SEGURO |
| 7 | -599. | -108. | SEGURO |
| 8 | -621. | -84. | SEGURO |
| 9 | -644. | -63. | SEGURO |
| 10 | -675. | -35. | SEGURO |
| 11 | -706. | -7. | SEGURO |
| 12 | -743. | 26. | SEGURO |
| 13 | -774. | 56. | SEGURO |
| 14 | -802. | 84. | SEGURO |
| 15 | -820. | 107. | SEGURO |
| 16 | -786. | 87. | SEGURO |
| 17 | -895. | 98. | SEGURO |
| 18 | -884. | 50. | SEGURO |
| 19 | -772. | -29. | SEGURO |
| 20 | -855. | 55. | SEGURO |
| 21 | -945. | 146. | SEGURO |
| 22 | -693. | -57. | SEGURO |
| 23 | -453. | -252. | SEGURO |
| 24 | -486. | -213. | SEGURO |
| 25 | -549. | -150. | SEGURO |
| 26 | -545. | -142. | SEGURO |
| 27 | -524. | -153. | SEGURO |
| 28 | -467. | -195. | SEGURO |
| 29 | -411. | -239. | SEGURO |
| 30 | -385. | -259. | SEGURO |
| 31 | -353. | -284. | SEGURO |
| 32 | -385. | -259. | SEGURO |
| 33 | -411. | -239. | SEGURO |
| 34 | -467. | -195. | SEGURO |
| 35 | -524. | -153. | SEGURO |
| 36 | -545. | -142. | SEGURO |
| 37 | -549. | -150. | SEGURO |
| 38 | -486. | -212. | SEGURO |
| 39 | -453. | -251. | SEGURO |
| 40 | -693. | -57. | SEGURO |
| 41 | -945. | 146. | SEGURO |
| 42 | -854. | 53. | SEGURO |
| 43 | -772. | -29. | SEGURO |
| 44 | -884. | 50. | SEGURO |
| 45 | -895. | 98. | SEGURO |
| 46 | -786. | 86. | SEGURO |
| 47 | -820. | 107. | SEGURO |
| 48 | -804. | 85. | SEGURO |
| 49 | -775. | 56. | SEGURO |
| 50 | -743. | 26. | SEGURO |
| 51 | -706. | -7. | SEGURO |
| 52 | -675. | -35. | SEGURO |
| 53 | -644. | -63. | SEGURO |
| 54 | -621. | -84. | SEGURO |
| 55 | -599. | -108. | SEGURO |
| 56 | -550. | -155. | SEGURO |
| 57 | -505. | -203. | SFGURO |
| 58 | -436. | -194. | SEGURO |
| 59 | -363. | -184. | SEGURO |
| 60 | -293. | -166. | SEGURO |
| 61 | -274. | -108. | SFGURO |

FORÇAS CORTANTES-TON.

CPSP=CORTANTE DA PROTENSAO SEM PERDAS

CPCP=CORTANTE DA PROTENSAO COM PERDAS

| SEC. | CPSP | CPCP | MAX. | MIN. | QS | QP(+) | QP(-) |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -19.4 | -19.4 | 48.9 | 6.4 | 11.0 | 31.6 | -3.8 |
| 2 | -35.2 | -34.5 | 43.6 | 3.2 | 9.1 | 28.7 | -4.9 |
| 3 | -43.0 | -42.0 | 38.4 | 1.2 | 7.3 | 25.9 | -5.0 |
| 4 | -43.4 | -41.9 | 33.7 | -2.0 | 5.4 | 23.6 | -6.2 |
| 5 | -24.0 | -22.1 | 29.1 | -5.3 | 3.5 | 21.3 | -7.3 |
| 6 | -9.8 | -9.0 | 24.8 | -9.2 | 1.6 | 19.3 | -9.1 |
| 7 | -3.5 | -3.0 | 20.5 | -13.2 | -0.2 | 17.2 | -10.8 |
| 8 | 2.7 | 2.7 | -17.2 | 16.3 | -2.1 | 15.4 | -12.6 |
| 9 | 3.6 | 3.5 | -21.3 | 12.2 | -3.9 | 13.5 | -14.4 |
| 10 | 4.4 | 4.2 | -25.5 | 8.3 | -5.8 | 11.8 | -16.3 |
| 11 | 5.4 | 5.1 | -29.6 | 4.4 | -7.7 | 10.1 | -18.2 |
| 12 | 7.2 | 6.6 | -33.9 | 0.7 | -9.6 | 8.6 | -20.2 |
| 13 | 10.9 | 9.7 | -38.1 | -2.8 | -11.5 | 7.2 | -22.2 |
| 14 | 14.4 | 12.7 | -42.5 | -6.3 | -13.4 | 5.9 | -24.3 |
| 15 | 26.8 | 23.4 | -46.9 | -9.7 | -15.2 | 4.6 | -26.4 |
| 16 | 38.0 | 32.7 | -51.1 | -12.9 | -17.1 | 3.5 | -28.3 |
| 17 | 55.2 | 49.4 | -55.3 | -16.1 | -19.0 | 2.3 | -30.2 |
| 18 | 68.4 | 62.0 | -59.6 | -18.8 | -20.9 | 1.7 | -32.2 |
| 19 | 45.4 | 39.6 | -63.9 | -21.5 | -22.8 | 1.0 | -34.2 |
| 20 | 22.7 | 19.4 | -68.1 | -23.8 | -24.6 | 0.7 | -36.2 |
| 21 | 21.6 | 17.9 | -72.4 | -26.1 | -26.5 | 0.3 | -38.2 |
| 22 | -19.0 | -15.6 | 82.2 | 30.6 | 31.8 | 42.0 | -0.9 |
| 23 | -22.2 | -17.7 | 74.9 | 27.0 | 28.6 | 38.5 | -1.3 |
| 24 | -36.4 | -28.5 | 67.5 | 23.2 | 25.4 | 35.1 | -1.7 |
| 25 | -53.3 | -40.8 | 61.1 | 18.9 | 22.2 | 32.4 | -2.7 |
| 26 | -41.9 | -31.6 | 54.7 | 14.6 | 19.0 | 29.7 | -3.7 |
| 27 | -23.5 | -17.5 | 48.3 | 9.5 | 15.9 | 27.0 | -5.2 |
| 28 | -12.0 | -8.8 | 41.9 | 4.5 | 12.7 | 24.3 | -6.8 |
| 29 | -2.4 | -1.8 | 35.0 | -0.7 | 9.5 | 21.2 | -8.6 |
| 30 | -1.0 | -0.7 | 28.0 | -6.0 | 6.3 | 18.1 | -10.3 |
| 31 | -0.0 | -0.0 | 22.6 | -11.7 | 3.1 | 16.2 | -12.4 |
| 32 | -0.0 | -0.0 | -17.3 | 17.2 | 0.0 | 14.3 | -14.5 |
| 33 | -0.0 | -0.0 | -22.6 | 11.7 | -3.1 | 12.4 | -16.2 |
| 34 | 1.0 | 0.7 | -28.0 | 6.0 | -6.3 | 10.3 | -18.1 |
| 35 | 2.4 | 1.8 | -35.0 | 0.7 | -9.5 | 8.6 | -21.2 |
| 36 | 12.0 | 8.8 | -41.9 | -4.5 | -12.7 | 6.8 | -24.3 |
| 37 | 23.5 | 17.5 | -48.3 | -9.5 | -15.9 | 5.2 | -27.0 |
| 38 | 41.9 | 31.6 | -54.7 | -14.6 | -19.0 | 3.7 | -29.7 |
| 39 | 53.3 | 40.8 | -61.1 | -18.9 | -22.2 | 2.7 | -32.4 |
| 40 | 36.4 | 28.5 | -67.5 | -23.2 | -25.4 | 1.7 | -35.1 |
| 41 | 22.2 | 17.7 | -74.9 | -27.0 | -28.6 | 1.3 | -38.5 |
| 42 | 19.0 | 15.6 | -82.2 | -30.6 | -31.8 | 0.9 | -42.0 |
| 43 | -20.4 | -16.9 | 72.4 | 26.1 | 26.5 | 38.2 | -0.3 |
| 44 | -22.7 | -19.4 | 68.1 | 23.8 | 24.6 | 36.2 | -0.7 |
| 45 | -45.6 | -39.9 | 63.9 | 21.5 | 22.8 | 34.2 | -1.0 |
| 46 | -68.4 | -62.0 | 59.6 | 18.8 | 20.9 | 32.2 | -1.7 |
| 47 | -55.2 | -49.4 | 55.3 | 16.1 | 19.0 | 30.2 | -2.3 |
| 48 | -38.0 | -32.7 | 51.1 | 12.9 | 17.1 | 28.3 | -3.5 |
| 49 | -27.1 | -23.7 | 46.9 | 9.7 | 15.2 | 26.4 | -4.6 |
| 50 | -14.4 | -12.7 | 42.5 | 6.3 | 13.4 | 24.3 | -5.9 |
| 51 | -10.5 | -9.4 | 38.1 | 2.8 | 11.5 | 22.2 | -7.2 |
| 52 | -7.2 | -6.6 | 33.9 | -0.7 | 9.6 | 20.2 | -8.6 |
| 53 | -5.4 | -5.1 | 29.6 | -4.4 | 7.7 | 18.2 | -10.1 |
| 54 | -4.4 | -4.2 | 25.5 | -8.3 | 5.8 | 16.3 | -11.8 |
| 55 | -3.6 | -3.5 | 21.3 | -12.2 | 3.9 | 14.4 | -13.5 |
| 56 | -2.7 | -2.7 | 17.2 | -16.3 | 2.1 | 12.6 | -15.4 |
| 57 | 3.5 | 3.0 | -20.5 | 13.2 | 0.2 | 10.8 | -17.2 |
| 58 | 9.8 | 9.0 | -24.8 | 9.2 | -1.6 | 9.1 | -19.3 |
| 59 | 24.0 | 22.1 | -29.1 | 5.3 | -3.5 | 7.3 | -21.3 |
| 60 | 43.4 | 41.9 | -33.7 | 2.0 | -5.4 | 6.2 | -23.6 |
| 61 | 43.0 | 42.0 | -38.4 | -1.2 | -7.3 | 5.0 | -25.9 |
| 62 | 35.2 | 34.5 | -43.6 | -3.2 | -9.1 | 4.9 | -28.7 |
| 63 | 19.4 | 19.4 | -48.9 | -6.4 | -11.0 | 3.8 | -31.6 |

VERIFICACAO A FISSURACAO E ARMADURA SUPLEMENTAR

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

| | | | | | | | |
|----|----------|----------------------------------|------------|--------|-------------|---|------------|
| 9 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 10 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 11 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 27 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 28 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 29 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 30 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 31 | ARMADURA | SUPL. AREA= | 22.7 CM2 | | | | |
| | | NENHUM DIAMETRO DADO EVITA FISS. | | | | | |
| 32 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 33 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 34 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 35 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 51 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 52 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |
| 53 | ARMADURA | PROTENSÃO | SUFICIENTE | QUANTO | RESISTENCIA | E | FISSURACAO |

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 137.9 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 162.1 | 49.5 | SEGURO |
| 3 | 203.4 | 99.1 | SEGURO |
| 4 | 242.1 | 134.5 | SEGURO |
| 5 | 279.8 | 169.8 | SEGURO |
| 6 | 294.7 | 189.2 | SEGURO |
| 7 | 309.5 | 208.5 | SEGURO |
| 8 | 309.5 | 217.5 | SEGURO |
| 9 | 309.5 | 226.5 | SEGURO |
| 10 | 307.6 | 221.8 | SEGURO |
| 11 | 305.6 | 217.2 | SEGURO |
| 12 | 301.3 | 199.6 | SEGURO |
| 13 | 295.1 | 182.1 | SEGURO |
| 14 | 282.3 | 152.4 | SEGURO |
| 15 | 267.9 | 122.7 | SEGURO |
| 16 | 225.9 | 81.1 | SEGURO |
| 17 | 240.5 | 39.5 | SEGURO |
| 18 | 324.5 | -8.3 | SEGURO |
| 19 | 401.9 | -56.2 | SEGURO |
| 20 | 425.9 | -86.6 | SEGURO |
| 21 | 448.7 | -117.0 | SEGURO |
| 22 | 407.7 | -53.4 | SEGURO |
| 23 | 360.6 | 10.1 | SEGURO |
| 24 | 263.2 | 87.4 | SEGURO |
| 25 | 378.7 | 164.6 | SEGURO |
| 26 | 429.9 | 232.6 | SEGURO |
| 27 | 472.1 | 300.6 | SEGURO |
| 28 | 477.5 | 347.2 | SEGURO |
| 29 | 481.6 | 393.8 | SEGURO |
| 30 | 481.6 | 407.2 | SEGURO |
| 31 | 481.6 | 423.2 | SEGURO |
| 32 | 481.6 | 407.2 | SEGURO |
| 33 | 481.6 | 393.8 | SEGURO |
| 34 | 477.5 | 347.2 | SEGURO |
| 35 | 472.1 | 300.6 | SEGURO |
| 36 | 429.9 | 232.6 | SEGURO |
| 37 | 378.7 | 164.6 | SEGURO |
| 38 | 263.2 | 87.4 | SEGURO |
| 39 | 360.6 | 10.1 | SEGURO |
| 40 | 407.7 | -53.4 | SEGURO |
| 41 | 448.7 | -117.1 | SEGURO |
| 42 | 426.6 | -86.6 | SEGURO |
| 43 | 401.9 | -56.2 | SEGURO |
| 44 | 324.5 | -8.3 | SEGURO |
| 45 | 240.5 | 39.5 | SEGURO |
| 46 | 225.9 | 81.1 | SEGURO |
| 47 | 267.9 | 122.7 | SEGURO |
| 48 | 283.1 | 152.4 | SEGURO |
| 49 | 295.1 | 182.1 | SEGURO |
| 50 | 301.3 | 199.6 | SEGURO |
| 51 | 305.6 | 217.1 | SEGURO |
| 52 | 307.6 | 221.8 | SEGURO |
| 53 | 309.5 | 226.4 | SEGURO |
| 54 | 309.5 | 217.5 | SEGURO |
| 55 | 309.5 | 208.5 | SEGURO |
| 56 | 294.7 | 189.2 | SEGURO |
| 57 | 279.8 | 169.8 | SEGURO |
| 58 | 242.1 | 134.4 | SEGURO |
| 59 | 203.4 | 99.1 | SEGURO |
| 60 | 162.1 | 49.5 | SEGURO |
| 61 | 137.9 | -0.0 | SEGURO |

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

- 13 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.1 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.63 CM
- 14 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 6.4 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.79 CM
- 15 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 10.1 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 16 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.0 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.79 CM
- 17 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.8 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 20 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 2.7 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.47 CM
- 21 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 41 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 42 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 2.5 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.47 CM
- 45 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.8 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 46 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.0 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.79 CM
- 47 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 10.1 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 48 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 6.6 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.79 CM
- 49 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.1 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.63 CM

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAD | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 137.9 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 162.1 | 49.5 | SEGURO |
| 3 | 203.4 | 99.1 | SEGURO |
| 4 | 242.1 | 134.5 | SEGURO |
| 5 | 279.8 | 169.8 | SEGURO |
| 6 | 294.7 | 189.2 | SEGURO |
| 7 | 309.5 | 208.5 | SEGURO |
| 8 | 309.5 | 217.5 | SEGURO |
| 9 | 309.5 | 226.5 | SEGURO |
| 10 | 307.6 | 221.8 | SEGURO |
| 11 | 305.6 | 217.2 | SEGURO |
| 12 | 301.3 | 199.6 | SEGURO |
| 13 | 299.1 | 182.1 | SEGURO |
| 14 | 290.2 | 152.4 | SEGURO |
| 15 | 279.7 | 122.7 | SEGURO |
| 16 | 232.7 | 81.1 | SEGURO |
| 17 | 247.6 | 39.5 | SEGURO |
| 18 | 324.5 | -8.3 | SEGURO |
| 19 | 401.9 | -56.2 | SEGURO |
| 20 | 430.2 | -86.6 | SEGURO |
| 21 | 448.7 | -117.0 | SEGURO |
| 22 | 407.7 | -53.4 | SEGURO |
| 23 | 360.6 | 10.1 | SEGURO |
| 24 | 263.2 | 87.4 | SEGURO |
| 25 | 378.7 | 164.6 | SEGURO |
| 26 | 429.9 | 232.6 | SEGURO |
| 27 | 472.1 | 300.6 | SEGURO |
| 28 | 477.5 | 347.2 | SEGURO |
| 29 | 481.6 | 393.8 | SEGURO |
| 30 | 481.6 | 407.2 | SEGURO |
| 31 | 481.6 | 423.2 | SEGURO |
| 32 | 481.6 | 407.2 | SEGURO |
| 33 | 481.6 | 393.8 | SEGURO |
| 34 | 477.5 | 347.2 | SEGURO |
| 35 | 472.1 | 300.6 | SEGURO |
| 36 | 429.9 | 232.6 | SEGURO |
| 37 | 378.7 | 164.6 | SEGURO |
| 38 | 263.2 | 87.4 | SEGURO |
| 39 | 360.6 | 10.1 | SEGURO |
| 40 | 407.7 | -53.4 | SEGURO |
| 41 | 448.7 | -117.1 | SEGURO |
| 42 | 430.7 | -86.6 | SEGURO |
| 43 | 401.9 | -56.2 | SEGURO |
| 44 | 324.5 | -8.3 | SEGURO |
| 45 | 247.6 | 39.5 | SEGURO |
| 46 | 232.7 | 81.1 | SEGURO |
| 47 | 279.6 | 122.7 | SEGURO |
| 48 | 291.3 | 152.4 | SEGURO |
| 49 | 299.1 | 182.1 | SEGURO |
| 50 | 301.3 | 199.6 | SEGURO |
| 51 | 305.6 | 217.1 | SEGURO |
| 52 | 307.6 | 221.8 | SEGURO |
| 53 | 309.5 | 226.4 | SEGURO |
| 54 | 309.5 | 217.5 | SEGURO |
| 55 | 309.5 | 208.5 | SEGURO |
| 56 | 294.7 | 189.2 | SEGURO |
| 57 | 279.8 | 169.8 | SEGURO |
| 58 | 242.1 | 134.4 | SEGURO |
| 59 | 203.4 | 99.1 | SEGURO |
| 60 | 162.1 | 49.5 | SEGURO |
| 61 | 137.9 | -0.0 | SEGURO |

VERIFICACAO QUANTO A FORCA CORTANTE
SG1=TENSAO PRINC. DE TRACAO
SG2=TENSAO PRINC. DE COMPR.
SECAO

| | | | | |
|----|----------------------|----------------------|-----------------|-----------|
| 1 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 103. T/M2 | SG2= -286. T/M2 | |
| 1 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 27. T/M2 | SG2= -210. T/M2 | |
| 1 | SEG. CAR. PER. | SG1= 12. T/M2 | SG2= -195. T/M2 | |
| 1 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.04745 M |
| 2 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 12. T/M2 | SG2= -233. T/M2 | |
| 2 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 104. T/M2 | SG2= -330. T/M2 | |
| 2 | SEG. CAR. PER. | SG1= 75. T/M2 | SG2= -302. T/M2 | |
| 2 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.07924 M |
| 3 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 1. T/M2 | SG2= -263. T/M2 | |
| 3 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 142. T/M2 | SG2= -414. T/M2 | |
| 3 | SEG. CAR. PER. | SG1= 112. T/M2 | SG2= -384. T/M2 | |
| 3 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.06017 M |
| 4 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 7. T/M2 | SG2= -308. T/M2 | |
| 4 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 149. T/M2 | SG2= -468. T/M2 | |
| 4 | SEG. CAR. PER. | SG1= 113. T/M2 | SG2= -431. T/M2 | |
| 4 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.05473 M |
| 5 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 4. T/M2 | SG2= -345. T/M2 | |
| 5 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 67. T/M2 | SG2= -435. T/M2 | |
| 5 | SEG. CAR. PER. | SG1= 35. T/M2 | SG2= -403. T/M2 | |
| 5 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.08541 M |
| 6 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 23. T/M2 | SG2= -360. T/M2 | |
| 6 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 30. T/M2 | SG2= -400. T/M2 | |
| 6 | SEG. CAR. PER. | SG1= 6. T/M2 | SG2= -375. T/M2 | |
| 6 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.10363 M |
| 7 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 53. T/M2 | SG2= -387. T/M2 | |
| 7 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 45. T/M2 | SG2= -415. T/M2 | |
| 7 | SEG. CAR. PER. | SG1= 2. T/M2 | SG2= -372. T/M2 | |
| 7 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.10015 M |
| 8 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 38. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 8 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 58. T/M2 | SG2= -427. T/M2 | |
| 8 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 8 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.09862 M |
| 9 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 55. T/M2 | SG2= -386. T/M2 | |
| 9 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 41. T/M2 | SG2= -411. T/M2 | |
| 9 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 9 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.09740 M |
| 10 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 75. T/M2 | SG2= -405. T/M2 | |
| 10 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 27. T/M2 | SG2= -397. T/M2 | |
| 10 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 10 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.07935 M |
| 11 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 96. T/M2 | SG2= -424. T/M2 | |
| 11 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 17. T/M2 | SG2= -386. T/M2 | |
| 11 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -370. T/M2 | |
| 11 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.06711 M |
| 12 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 114. T/M2 | SG2= -441. T/M2 | |
| 12 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 11. T/M2 | SG2= -381. T/M2 | |
| 12 | SEG. CAR. PER. | SG1= 1. T/M2 | SG2= -370. T/M2 | |
| 12 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.05890 M |
| 13 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 69. T/M2 | SG2= -394. T/M2 | |
| 13 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 5. T/M2 | SG2= -375. T/M2 | |
| 13 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 13 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.05641 M |
| 14 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 132. T/M2 | SG2= -455. T/M2 | |
| 14 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 11. T/M2 | SG2= -380. T/M2 | |
| 14 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 14 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.04977 M |
| 15 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 50. T/M2 | SG2= -368. T/M2 | |
| 15 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 24. T/M2 | SG2= -393. T/M2 | |
| 15 | SEG. CAR. PER. | SG1= 11. T/M2 | SG2= -380. T/M2 | |
| 15 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | | 0.05521 M |

16 SEG. SOL. MAX. SG1= 43. T/M2 SG2= -356. T/M2
16 SEG. SOL. MIN. SG1= 67. T/M2 SG2= -434. T/M2
16 SEG. CAR. PER. SG1= 48. T/M2 SG2= -415. T/M2
16 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05684 M
17 SEG. SOL. MAX. SG1= 6. T/M2 SG2= -361. T/M2
17 SEG. SOL. MIN. SG1= 175. T/M2 SG2= -587. T/M2
17 SEG. CAR. PER. SG1= 156. T/M2 SG2= -567. T/M2
17 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06315 M
18 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -374. T/M2
18 SEG. SOL. MIN. SG1= 184. T/M2 SG2= -616. T/M2
18 SEG. CAR. PER. SG1= 173. T/M2 SG2= -605. T/M2
18 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05071 M
19 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -431. T/M2
19 SEG. SOL. MIN. SG1= 53. T/M2 SG2= -489. T/M2
19 SEG. CAR. PER. SG1= 48. T/M2 SG2= -484. T/M2
19 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04367 M
20 SEG. SOL. MAX. SG1= 196. T/M2 SG2= -560. T/M2
20 SEG. SOL. MIN. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
20 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
20 TAUU= 528. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
21 SEG. SOL. MAX. SG1= 233. T/M2 SG2= -588. T/M2
21 SEG. SOL. MIN. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
21 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
21 TAUU= 576. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
22 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 309. T/M2 SG2=-665. T/M2
22 SEG. SOL. MIN. SG1= 13. T/M2 SG2= -452. T/M2
22 SEG. CAR. PER. SG1= 16. T/M2 SG2= -454. T/M2
22 TAUU= 682. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
23 SEG. SOL. MAX. SG1= 251. T/M2 SG2= -601. T/M2
23 SEG. SOL. MIN. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
23 SEG. CAR. PER. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
23 TAUU= 600. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
24 SEG. SOL. MAX. SG1= 144. T/M2 SG2= -487. T/M2
24 SEG. SOL. MIN. SG1= 17. T/M2 SG2= -454. T/M2
24 SEG. CAR. PER. SG1= 12. T/M2 SG2= -449. T/M2
24 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03402 M
25 SEG. SOL. MAX. SG1= 68. T/M2 SG2= -404. T/M2
25 SEG. SOL. MIN. SG1= 139. T/M2 SG2= -573. T/M2
25 SEG. CAR. PER. SG1= 118. T/M2 SG2= -552. T/M2
25 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04728 M
26 SEG. SOL. MAX. SG1= 86. T/M2 SG2= -418. T/M2
26 SEG. SOL. MIN. SG1= 95. T/M2 SG2= -531. T/M2
26 SEG. CAR. PER. SG1= 69. T/M2 SG2= -505. T/M2
26 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04855 M
27 SEG. SOL. MAX. SG1= 138. T/M2 SG2= -465. T/M2
27 SEG. SOL. MIN. SG1= 28. T/M2 SG2= -466. T/M2
27 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
27 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04565 M
28 SEG. SOL. MAX. SG1= 89. T/M2 SG2= -413. T/M2
28 SEG. SOL. MIN. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
28 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
28 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04894 M
29 SEG. SOL. MAX. SG1= 90. T/M2 SG2= -410. T/M2
29 SEG. SOL. MIN. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
29 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -442. T/M2
29 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05341 M
30 SEG. SOL. MAX. SG1= 65. T/M2 SG2= -384. T/M2
30 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -442. T/M2
30 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
30 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06755 M
31 SEG. SOL. MAX. SG1= 47. T/M2 SG2= -364. T/M2
31 SEG. SOL. MIN. SG1= 10. T/M2 SG2= -449. T/M2
31 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
31 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08548 M

32 SEG. SOL. MAX. SG1= 29. T/M2 SG2= -345. T/M2
32 SEG. SOL. MIN. SG1= 21. T/M2 SG2= -460. T/M2
32 SEG. CAR. PER. SG1= -0. T/M2 SG2= -438. T/M2
32 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.11872 M
33 SEG. SOL. MAX. SG1= 47. T/M2 SG2= -364. T/M2
33 SEG. SOL. MIN. SG1= 10. T/M2 SG2= -449. T/M2
33 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
33 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08681 M
34 SEG. SOL. MAX. SG1= 65. T/M2 SG2= -384. T/M2
34 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -442. T/M2
34 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
34 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06755 M
35 SEG. SOL. MAX. SG1= 90. T/M2 SG2= -410. T/M2
35 SEG. SOL. MIN. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
35 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -442. T/M2
35 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05341 M
36 SEG. SOL. MAX. SG1= 89. T/M2 SG2= -413. T/M2
36 SEG. SOL. MIN. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
36 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
36 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04893 M
37 SEG. SOL. MAX. SG1= 138. T/M2 SG2= -465. T/M2
37 SEG. SOL. MIN. SG1= 28. T/M2 SG2= -466. T/M2
37 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
37 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04566 M
38 SEG. SOL. MAX. SG1= 86. T/M2 SG2= -418. T/M2
38 SEG. SOL. MIN. SG1= 95. T/M2 SG2= -531. T/M2
38 SEG. CAR. PER. SG1= 69. T/M2 SG2= -505. T/M2
38 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04855 M
39 SEG. SOL. MAX. SG1= 68. T/M2 SG2= -404. T/M2
39 SEG. SOL. MIN. SG1= 139. T/M2 SG2= -573. T/M2
39 SEG. CAR. PER. SG1= 118. T/M2 SG2= -552. T/M2
39 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04727 M
40 SEG. SOL. MAX. SG1= 144. T/M2 SG2= -487. T/M2
40 SEG. SOL. MIN. SG1= 17. T/M2 SG2= -454. T/M2
40 SEG. CAR. PER. SG1= 12. T/M2 SG2= -449. T/M2
40 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03402 M
41 SEG. SOL. MAX. SG1= 251. T/M2 SG2= -601. T/M2
41 SEG. SOL. MIN. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
41 SEG. CAR. PER. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
41 TAUU= 600. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
42 NAD SEG. SOL. MAX. SG1= 309. T/M2 SG2= -665. T/M2
42 SEG. SOL. MIN. SG1= 13. T/M2 SG2= -452. T/M2
42 SEG. CAR. PER. SG1= 16. T/M2 SG2= -454. T/M2
42 TAUU= 682. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
43 SEG. SOL. MAX. SG1= 239. T/M2 SG2= -595. T/M2
43 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
43 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -442. T/M2
43 TAUU= 582. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
44 SEG. SOL. MAX. SG1= 196. T/M2 SG2= -560. T/M2
44 SEG. SOL. MIN. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
44 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
44 TAUU= 528. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
45 SEG. SOL. MAX. SG1= 61. T/M2 SG2= -430. T/M2
45 SEG. SOL. MIN. SG1= 54. T/M2 SG2= -490. T/M2
45 SEG. CAR. PER. SG1= 49. T/M2 SG2= -485. T/M2
45 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04386 M
46 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -374. T/M2
46 SEG. SOL. MIN. SG1= 184. T/M2 SG2= -616. T/M2
46 SEG. CAR. PER. SG1= 173. T/M2 SG2= -605. T/M2
46 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05071 M
47 SEG. SOL. MAX. SG1= 6. T/M2 SG2= -361. T/M2
47 SEG. SOL. MIN. SG1= 175. T/M2 SG2= -587. T/M2
47 SEG. CAR. PER. SG1= 156. T/M2 SG2= -567. T/M2
47 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06315 M

48 SEG. SOL. MAX. SG1= 43. T/M2 SG2= -356. T/M2
48 SEG. SOL. MIN. SG1= 67. T/M2 SG2= -434. T/M2
48 SEG. CAR. PER. SG1= 48. T/M2 SG2= -415. T/M2
48 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05684 M
49 SEG. SOL. MAX. SG1= 49. T/M2 SG2= -367. T/M2
49 SEG. SOL. MIN. SG1= 26. T/M2 SG2= -394. T/M2
49 SEG. CAR. PER. SG1= 12. T/M2 SG2= -381. T/M2
49 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05555 M
50 SEG. SOL. MAX. SG1= 132. T/M2 SG2= -455. T/M2
50 SEG. SOL. MIN. SG1= 11. T/M2 SG2= -380. T/M2
50 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
50 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04977 M
51 SEG. SOL. MAX. SG1= 70. T/M2 SG2= -396. T/M2
51 SEG. SOL. MIN. SG1= 5. T/M2 SG2= -374. T/M2
51 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
51 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05604 M
52 SEG. SOL. MAX. SG1= 114. T/M2 SG2= -441. T/M2
52 SEG. SOL. MIN. SG1= 11. T/M2 SG2= -380. T/M2
52 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -370. T/M2
52 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05890 M
53 SEG. SOL. MAX. SG1= 96. T/M2 SG2= -424. T/M2
53 SEG. SOL. MIN. SG1= 17. T/M2 SG2= -386. T/M2
53 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -370. T/M2
53 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06712 M
54 SEG. SOL. MAX. SG1= 75. T/M2 SG2= -405. T/M2
54 SEG. SOL. MIN. SG1= 27. T/M2 SG2= -397. T/M2
54 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
54 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07935 M
55 SEG. SOL. MAX. SG1= 55. T/M2 SG2= -386. T/M2
55 SEG. SOL. MIN. SG1= 41. T/M2 SG2= -411. T/M2
55 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
55 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09740 M
56 SEG. SOL. MAX. SG1= 38. T/M2 SG2= -370. T/M2
56 SEG. SOL. MIN. SG1= 58. T/M2 SG2= -427. T/M2
56 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
56 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09862 M
57 SEG. SOL. MAX. SG1= 53. T/M2 SG2= -387. T/M2
57 SEG. SOL. MIN. SG1= 45. T/M2 SG2= -415. T/M2
57 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -372. T/M2
57 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10020 M
58 SEG. SOL. MAX. SG1= 23. T/M2 SG2= -360. T/M2
58 SEG. SOL. MIN. SG1= 30. T/M2 SG2= -400. T/M2
58 SEG. CAR. PER. SG1= 6. T/M2 SG2= -375. T/M2
58 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10373 M
59 SEG. SOL. MAX. SG1= 4. T/M2 SG2= -345. T/M2
59 SEG. SOL. MIN. SG1= 67. T/M2 SG2= -435. T/M2
59 SEG. CAR. PER. SG1= 35. T/M2 SG2= -403. T/M2
59 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08540 M
60 SEG. SOL. MAX. SG1= 7. T/M2 SG2= -308. T/M2
60 SEG. SOL. MIN. SG1= 149. T/M2 SG2= -468. T/M2
60 SEG. CAR. PER. SG1= 113. T/M2 SG2= -431. T/M2
60 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05473 M
61 SEG. SOL. MAX. SG1= 1. T/M2 SG2= -263. T/M2
61 SEG. SOL. MIN. SG1= 142. T/M2 SG2= -414. T/M2
61 SEG. CAR. PER. SG1= 112. T/M2 SG2= -384. T/M2
61 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06017 M
62 SEG. SOL. MAX. SG1= 12. T/M2 SG2= -233. T/M2
62 SEG. SOL. MIN. SG1= 104. T/M2 SG2= -331. T/M2
62 SEG. CAR. PER. SG1= 75. T/M2 SG2= -302. T/M2
62 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07923 M
63 SEG. SOL. MAX. SG1= 103. T/M2 SG2= -286. T/M2
63 SEG. SOL. MIN. SG1= 27. T/M2 SG2= -310. T/M2
63 SEG. CAR. PER. SG1= 12. T/M2 SG2= -195. T/M2
63 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04745 M

3º EXEMPLO

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DA SECAO

| | |
|-----------------------------|----------------|
| MOMENTO DE INERCIA | =0.10654138 M4 |
| ALTURA DO C.G. | =0.4861 M |
| MODULO DE RESIST. WL | = 0.219166 M3 |
| MODULO DE RESIST. W2L | =0.257420 M3 |
| DISTANCIA NUCLEAR KL | =0.2530 M |
| DISTANCIA NUCLEAR K2L | 0.2972 M |
| AREA DA SECAO | =0.865998 M2 |
| MOM. ESTATICO ACIMA DO C.G. | =0.14364349 M3 |

FORÇAS DE PROTENSÃO EM CADA CABO-TCN.

| SEC. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | 20.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.8 | 19.8 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | 20.0 | 19.7 | 19.7 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | 20.0 | 18.9 | 18.9 | 19.4 | 19.4 |
| 5 | 20.0 | 20.0 | 18.5 | 18.5 | 17.8 | 17.8 | 19.2 | 19.2 |
| 6 | 18.6 | 18.6 | 17.4 | 17.4 | 17.2 | 17.2 | 19.2 | 19.2 |
| 7 | 17.8 | 17.8 | 17.0 | 17.0 | 17.1 | 17.1 | 19.1 | 19.1 |
| 8 | 17.6 | 17.6 | 17.0 | 17.0 | 16.9 | 16.9 | 19.0 | 19.0 |
| 9 | 17.5 | 17.5 | 16.8 | 16.8 | 16.9 | 16.9 | 19.0 | 19.0 |
| 10 | 17.4 | 17.4 | 16.7 | 16.7 | 16.9 | 16.9 | 19.0 | 19.0 |
| 11 | 17.2 | 17.2 | 16.5 | 16.5 | 16.7 | 16.7 | 18.8 | 18.8 |
| 12 | 17.0 | 17.0 | 16.3 | 16.3 | 16.6 | 16.6 | 18.6 | 18.6 |
| 13 | 16.9 | 16.9 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 18.3 | 18.3 |
| 14 | 16.7 | 16.7 | 16.3 | 16.3 | 16.1 | 16.1 | 18.1 | 18.1 |
| 15 | 16.6 | 16.6 | 16.1 | 16.1 | 16.0 | 16.0 | 18.0 | 18.0 |
| 16 | 16.5 | 16.5 | 15.9 | 15.9 | 16.0 | 16.0 | 18.0 | 18.0 |
| 17 | 16.5 | 16.5 | 15.8 | 15.8 | 15.8 | 15.8 | 17.7 | 17.7 |
| 18 | 16.4 | 16.4 | 15.7 | 15.7 | 15.5 | 15.5 | 17.4 | 17.4 |
| 19 | 16.4 | 16.4 | 15.7 | 15.7 | 15.4 | 15.4 | 17.3 | 17.3 |
| 20 | 16.4 | 16.4 | 15.6 | 15.6 | 15.3 | 15.3 | 17.1 | 16.1 |
| 21 | 16.3 | 16.3 | 15.6 | 15.6 | 15.2 | 15.2 | 17.1 | 15.1 |
| 22 | 16.2 | 16.2 | 15.5 | 15.5 | 15.1 | 15.1 | 17.0 | 14.2 |
| 23 | 16.0 | 16.0 | 15.3 | 15.3 | 14.8 | 14.8 | 16.6 | 13.2 |
| 24 | 15.8 | 15.8 | 15.0 | 15.0 | 14.5 | 14.5 | 16.3 | 13.2 |
| 25 | 15.5 | 15.5 | 14.8 | 14.8 | 14.4 | 14.4 | 16.2 | 13.1 |
| 26 | 15.5 | 15.5 | 14.6 | 14.6 | 14.4 | 14.4 | 16.2 | 13.1 |
| 27 | 15.1 | 15.1 | 14.2 | 14.2 | 14.1 | 14.1 | 15.8 | 13.0 |
| 28 | 15.0 | 15.0 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 15.5 | 13.0 |
| 29 | 14.8 | 14.8 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 15.4 | 12.9 |
| 30 | 14.7 | 14.7 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 15.3 | 12.9 |
| 31 | 14.6 | 14.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 15.3 | 12.8 |
| 32 | 14.7 | 14.7 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 13.6 | 15.3 | 12.9 |
| 33 | 14.8 | 14.8 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 13.7 | 15.4 | 12.9 |
| 34 | 15.0 | 15.0 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 13.8 | 15.5 | 13.0 |
| 35 | 15.1 | 15.1 | 14.2 | 14.2 | 14.1 | 14.1 | 15.8 | 13.0 |
| 36 | 15.5 | 15.5 | 14.6 | 14.6 | 14.4 | 14.4 | 16.2 | 13.1 |
| 37 | 15.5 | 15.5 | 14.8 | 14.8 | 14.4 | 14.4 | 16.2 | 13.1 |
| 38 | 15.8 | 15.8 | 15.0 | 15.0 | 14.5 | 14.5 | 16.3 | 13.2 |
| 39 | 16.0 | 16.0 | 15.3 | 15.3 | 14.8 | 14.8 | 16.6 | 13.2 |
| 40 | 16.2 | 16.2 | 15.5 | 15.5 | 15.1 | 15.1 | 17.0 | 14.7 |
| 41 | 16.3 | 16.3 | 15.6 | 15.6 | 15.2 | 15.2 | 17.1 | 15.1 |
| 42 | 16.4 | 16.4 | 15.6 | 15.6 | 15.3 | 15.3 | 17.1 | 17.1 |
| 43 | 16.4 | 16.4 | 15.7 | 15.7 | 15.4 | 15.4 | 17.3 | 17.3 |
| 44 | 16.4 | 16.4 | 15.7 | 15.7 | 15.5 | 15.5 | 17.4 | 17.4 |
| 45 | 16.5 | 16.5 | 15.8 | 15.8 | 15.8 | 15.8 | 17.7 | 17.7 |
| 46 | 16.5 | 16.5 | 15.9 | 15.9 | 16.0 | 16.0 | 18.0 | 18.0 |
| 47 | 16.6 | 16.6 | 16.1 | 16.1 | 16.0 | 16.0 | 18.0 | 18.0 |
| 48 | 16.7 | 16.7 | 16.3 | 16.3 | 16.1 | 16.1 | 18.1 | 18.1 |
| 49 | 16.9 | 16.9 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 16.3 | 18.3 | 18.3 |
| 50 | 17.0 | 17.0 | 16.3 | 16.3 | 16.6 | 16.6 | 18.6 | 18.6 |
| 51 | 17.2 | 17.2 | 16.5 | 16.5 | 16.7 | 16.7 | 18.8 | 18.8 |
| 52 | 17.4 | 17.4 | 16.7 | 16.7 | 16.9 | 16.9 | 19.0 | 19.0 |
| 53 | 17.5 | 17.5 | 16.8 | 16.8 | 16.9 | 16.9 | 19.0 | 19.0 |
| 54 | 17.6 | 17.6 | 17.0 | 17.0 | 16.9 | 16.9 | 19.0 | 19.0 |
| 55 | 17.8 | 17.8 | 17.0 | 17.0 | 17.1 | 17.1 | 19.1 | 19.1 |
| 56 | 18.6 | 18.6 | 17.4 | 17.4 | 17.2 | 17.2 | 19.2 | 19.2 |
| 57 | 19.9 | 19.9 | 18.5 | 18.5 | 17.8 | 17.8 | 19.2 | 19.2 |
| 58 | 0.0 | 0.0 | 19.9 | 19.9 | 18.9 | 18.9 | 19.4 | 19.4 |
| 59 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 19.9 | 19.9 | 19.7 | 19.7 |
| 60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 21.1 | 19.8 |
| 61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 23.5 | 19.9 |

| SEC. | C17 | C18 | C19 |
|------|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 16 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 17 | 20.0 | 20.0 | 0.0 |
| 18 | 19.9 | 19.9 | 20.0 |
| 19 | 18.9 | 18.9 | 18.5 |
| 20 | 17.9 | 17.9 | 17.7 |
| 21 | 17.3 | 17.3 | 16.6 |
| 22 | 16.9 | 16.9 | 16.0 |
| 23 | 16.9 | 16.9 | 15.9 |
| 24 | 16.8 | 16.8 | 15.9 |
| 25 | 16.4 | 16.4 | 15.5 |
| 26 | 16.1 | 16.1 | 15.2 |
| 27 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 28 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 29 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 30 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 31 | 15.8 | 15.8 | 14.9 |
| 32 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 33 | 15.9 | 15.9 | 15.0 |
| 34 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 35 | 16.0 | 16.0 | 15.1 |
| 36 | 16.1 | 16.1 | 15.2 |
| 37 | 16.4 | 16.4 | 15.5 |
| 38 | 16.8 | 16.8 | 15.9 |
| 39 | 16.9 | 16.9 | 15.9 |
| 40 | 16.9 | 16.9 | 16.0 |
| 41 | 17.3 | 17.3 | 16.6 |
| 42 | 17.9 | 17.9 | 17.7 |
| 43 | 18.9 | 18.9 | 18.5 |
| 44 | 19.9 | 19.9 | 19.9 |
| 45 | 19.9 | 19.9 | 0.0 |
| 46 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 47 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 48 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 49 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 50 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 53 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 54 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 55 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 56 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 57 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 58 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 59 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

MOMENTOS DEVIDOS A PROTENSAO-TM

| SEC | HIPER | NUCLEARES | | MG | 1.2MP | |
|-----|-------|-----------|-------|--------|-------|--------|
| | | SUP | INF | | (+) | (-) |
| 1 | 0.0 | -73.8 | 36.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 1.3 | -87.6 | 21.0 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 3 | 2.6 | -89.5 | 39.8 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 4 | 3.9 | -98.9 | 50.2 | 16.8 | 61.0 | 17.7 |
| 5 | 5.3 | -111.8 | 55.8 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 6 | 6.6 | -123.9 | 39.9 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 7 | 7.9 | -125.7 | 36.3 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 8 | 9.3 | -125.3 | 36.1 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 9 | 10.6 | -125.0 | 35.8 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 10 | 11.9 | -123.2 | 37.2 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 11 | 13.3 | -121.2 | 38.3 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 12 | 14.6 | -114.4 | 44.1 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 13 | 15.9 | -107.3 | 49.9 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 14 | 17.2 | -93.8 | 62.0 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 15 | 18.6 | -79.8 | 74.1 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 16 | 19.9 | -56.4 | 95.6 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 17 | 21.2 | -63.8 | 108.9 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 18 | 22.6 | -47.3 | 135.2 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 19 | 23.9 | -7.8 | 170.9 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 20 | 25.2 | 2.4 | 177.8 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 21 | 26.6 | 12.2 | 184.2 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 22 | 26.6 | -5.5 | 164.2 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 23 | 26.6 | -22.5 | 144.5 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 24 | 26.6 | -69.4 | 94.7 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 25 | 26.6 | -117.6 | 44.1 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 26 | 26.6 | -146.9 | 12.4 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 27 | 26.6 | -172.5 | -15.5 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 28 | 26.6 | -173.3 | -18.6 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 29 | 26.6 | -175.6 | -21.6 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 30 | 26.6 | -174.7 | -21.6 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 31 | 26.6 | -174.1 | -21.5 | 80.7 | 151.7 | -23.4 |
| 32 | 26.6 | -174.7 | -21.6 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 33 | 26.6 | -175.6 | -21.6 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 34 | 26.6 | -173.3 | -18.6 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 35 | 26.6 | -172.5 | -15.5 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 36 | 26.6 | -146.9 | 12.4 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 37 | 26.6 | -117.6 | 44.1 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 38 | 26.6 | -69.4 | 94.7 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 39 | 26.6 | -22.5 | 144.5 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 40 | 26.6 | -5.5 | 164.2 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 41 | 26.6 | 12.2 | 184.2 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 42 | 25.2 | 2.4 | 177.8 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 43 | 23.9 | -7.8 | 170.9 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 44 | 22.6 | -47.3 | 135.2 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 45 | 21.2 | -63.8 | 108.9 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 46 | 19.9 | -56.4 | 95.6 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 47 | 18.6 | -79.8 | 74.1 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 48 | 17.2 | -93.8 | 62.0 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 49 | 15.9 | -107.3 | 49.9 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 50 | 14.6 | -114.4 | 44.1 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 51 | 13.3 | -121.2 | 38.3 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 52 | 11.9 | -123.2 | 37.2 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 53 | 10.6 | -125.0 | 35.8 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 54 | 9.3 | -125.3 | 36.1 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 55 | 7.9 | -125.7 | 36.3 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 56 | 6.6 | -123.9 | 39.9 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 57 | 5.3 | -111.8 | 55.8 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 58 | 3.9 | -98.9 | 50.2 | 16.8 | 61.0 | -17.7 |
| 59 | 2.6 | -89.5 | 39.8 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 60 | 1.3 | -87.6 | 21.0 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 61 | 0.0 | -73.8 | 36.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM A
PROTENSAO E A CARGA PERMANENTE

SECAO BO.INF. BO.SUP.

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM AS
CARGAS DE PROTENSAO, PERMANENTE E METADE DA MOVEL

| SECAO | BO.INF. | BO.SUP. | |
|-------|---------|---------|----------|
| 30 | 5. | -599. | INSEGURO |
| 31 | 41. | -628. | INSEGURO |
| 32 | 5. | -599. | INSEGURO |

SECAO BO.INF. BO.SUP.

TENSÕES NAS BORDAS EM CADA SECAO-T/M2

VERIFICADAS SEGUNDO P-NB-116 ITENS 3.1.2.E3.1.3.

TBICP=TENSAO NA BORDA INF. COM 1,2MP(+)
TBSCP=TENSAO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(+)
TBICN= TENSAO NA BORDA INF. COM 1,2MP(-)
TBSCN=TENSAO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(-)

| SECAO | TBICP | TBSCP | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -336. | -140. | SEGURO |
| 2 | -262. | -198. | SEGURO |
| 3 | -133. | -389. | SEGURO |
| 4 | -77. | -513. | SEGURO |
| 5 | -38. | -619. | SEGURO |
| 6 | -39. | -603. | SEGURO |
| 7 | 6. | -635. | SEGURO |
| 8 | 33. | -655. | SEGURO |
| 9 | 60. | -676. | SEGURO |
| 10 | 56. | -671. | SEGURO |
| 11 | 53. | -665. | SEGURO |
| 12 | 36. | -647. | SEGURO |
| 13 | 20. | -628. | SEGURO |
| 14 | 0. | -606. | SEGURO |
| 15 | -16. | -584. | SEGURO |
| 16 | -24. | -569. | SEGURO |
| 17 | -172. | -524. | SEGURO |
| 18 | -228. | -514. | SEGURO |
| 19 | -180. | -540. | SEGURO |
| 20 | -217. | -496. | SEGURO |
| 21 | -256. | -450. | SEGURO |
| 22 | -161. | -522. | SEGURO |
| 23 | -62. | -595. | SEGURO |
| 24 | -63. | -583. | SEGURO |
| 25 | -69. | -569. | SEGURO |
| 26 | -15. | -606. | SEGURO |
| 27 | 56. | -657. | SEGURO |
| 28 | 181. | -755. | SEGURO |
| 29 | 299. | -853. | SEGURO |
| 30 | 340. | -884. | SEGURO |
| 31 | 387. | -922. | SEGURO |
| 32 | 340. | -884. | SEGURO |
| 33 | 299. | -853. | SEGURO |
| 34 | 181. | -755. | SEGURO |
| 35 | 56. | -657. | SEGURO |
| 36 | -15. | -606. | SEGURO |
| 37 | -69. | -569. | SEGURO |
| 38 | -63. | -583. | SEGURO |
| 39 | -62. | -595. | SEGURO |
| 40 | -161. | -522. | SEGURO |
| 41 | -256. | -450. | SEGURO |
| 42 | -217. | -496. | SEGURO |
| 43 | -180. | -540. | SEGURO |
| 44 | -228. | -514. | SEGURO |
| 45 | -172. | -524. | SEGURO |
| 46 | -24. | -569. | SEGURO |
| 47 | -16. | -584. | SEGURO |
| 48 | 0. | -606. | SEGURO |
| 49 | 20. | -628. | SEGURO |
| 50 | 36. | -647. | SEGURO |
| 51 | 53. | -665. | SEGURO |
| 52 | 56. | -671. | SEGURO |
| 53 | 60. | -676. | SEGURO |
| 54 | 33. | -655. | SEGURO |
| 55 | 6. | -635. | SEGURO |
| 56 | -39. | -603. | SEGURO |
| 57 | -38. | -619. | SEGURO |
| 58 | -77. | -513. | SEGURO |
| 59 | -133. | -389. | SEGURO |
| 60 | -262. | -198. | SEGURO |
| 61 | -336. | -140. | SEGURO |

| SECAO | TBICN | TBSCN | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -336. | -140. | SEGURO |
| 2 | -391. | -89. | SEGURO |
| 3 | -390. | -169. | SEGURO |
| 4 | -275. | -345. | SEGURO |
| 5 | -499. | -226. | SEGURO |
| 6 | -570. | -151. | SEGURO |
| 7 | -594. | -123. | SEGURO |
| 8 | -620. | -98. | SEGURO |
| 9 | -646. | -74. | SEGURO |
| 10 | -678. | -45. | SEGURO |
| 11 | -709. | -15. | SEGURO |
| 12 | -730. | 5. | SEGURO |
| 13 | -750. | 27. | SEGURO |
| 14 | -753. | 35. | SEGURO |
| 15 | -753. | 43. | SEGURO |
| 16 | -723. | 25. | SEGURO |
| 17 | -834. | 38. | SEGURO |
| 18 | -848. | 13. | SEGURO |
| 19 | -758. | -48. | SEGURO |
| 20 | -857. | 48. | SEGURO |
| 21 | -958. | 147. | SEGURO |
| 22 | -696. | -66. | SEGURO |
| 23 | -431. | -281. | SEGURO |
| 24 | -474. | -234. | SEGURO |
| 25 | -521. | -184. | SEGURO |
| 26 | -558. | -144. | SEGURO |
| 27 | -576. | -118. | SEGURO |
| 28 | -520. | -158. | SEGURO |
| 29 | -469. | -197. | SEGURO |
| 30 | -443. | -217. | SEGURO |
| 31 | -411. | -242. | SEGURO |
| 32 | -443. | -217. | SEGURO |
| 33 | -469. | -197. | SEGURO |
| 34 | -520. | -158. | SEGURO |
| 35 | -576. | -118. | SEGURO |
| 36 | -558. | -144. | SEGURO |
| 37 | -521. | -184. | SEGURO |
| 38 | -474. | -234. | SEGURO |
| 39 | -431. | -281. | SEGURO |
| 40 | -696. | -66. | SEGURO |
| 41 | -958. | 147. | SEGURO |
| 42 | -857. | 48. | SEGURO |
| 43 | -758. | -48. | SEGURO |
| 44 | -848. | 13. | SEGURO |
| 45 | -834. | 38. | SEGURO |
| 46 | -723. | 25. | SEGURO |
| 47 | -753. | 43. | SEGURO |
| 48 | -753. | 35. | SEGURO |
| 49 | -750. | 27. | SEGURO |
| 50 | -730. | 5. | SEGURO |
| 51 | -709. | -15. | SEGURO |
| 52 | -678. | -45. | SEGURO |
| 53 | -646. | -74. | SEGURO |
| 54 | -620. | -98. | SEGURO |
| 55 | -594. | -123. | SEGURO |
| 56 | -570. | -151. | SEGURO |
| 57 | -499. | -226. | SEGURO |
| 58 | -437. | -207. | SEGURO |
| 59 | -390. | -169. | SEGURO |
| 60 | -391. | -89. | SEGURO |
| 61 | -336. | -140. | SEGURO |

FORÇAS CORTANTES-TON.

CPSP=CORTANTE DA PROTENSAO SEM PERDAS
 CPCP=CORTANTE DA PROTENSAO COM PERDAS

| SEC. | CPSP | CPCP | MAX. | MIN. | QG | QP(+) | QP(-) |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -21.9 | -21.9 | 48.9 | 6.4 | 11.0 | 31.6 | -3.8 |
| 2 | -15.1 | -14.7 | 43.6 | 3.2 | 9.1 | 28.7 | -4.9 |
| 3 | -27.4 | -27.0 | 38.4 | 1.2 | 7.3 | 25.9 | -5.0 |
| 4 | -35.8 | -34.9 | 33.7 | -2.0 | 5.4 | 23.6 | -6.2 |
| 5 | -32.1 | -30.6 | 29.1 | -5.3 | 3.5 | 21.3 | -7.3 |
| 6 | -9.8 | -8.8 | 24.8 | -9.2 | 1.6 | 19.3 | -9.1 |
| 7 | -0.0 | 0.1 | 20.5 | -13.2 | -0.2 | 17.2 | -10.8 |
| 8 | 1.8 | 1.8 | -17.2 | 16.3 | -2.1 | 15.4 | -12.6 |
| 9 | 3.1 | 2.9 | -21.3 | 12.2 | -3.9 | 13.5 | -14.4 |
| 10 | 4.3 | 3.9 | -25.5 | 8.3 | -5.8 | 11.8 | -16.3 |
| 11 | 8.2 | 7.3 | -29.6 | 4.4 | -7.7 | 10.1 | -18.2 |
| 12 | 12.1 | 10.6 | -33.9 | 0.7 | -9.6 | 8.6 | -20.2 |
| 13 | 17.2 | 15.1 | -38.1 | -2.8 | -11.5 | 7.2 | -22.2 |
| 14 | 22.2 | 19.4 | -42.5 | -6.3 | -13.4 | 5.9 | -24.3 |
| 15 | 29.5 | 26.1 | -46.9 | -9.7 | -15.2 | 4.6 | -26.4 |
| 16 | 36.6 | 32.3 | -51.1 | -12.9 | -17.1 | 3.5 | -28.3 |
| 17 | 49.6 | 45.6 | -55.3 | -16.1 | -19.0 | 2.3 | -30.2 |
| 18 | 58.9 | 55.0 | -59.6 | -18.8 | -20.9 | 1.7 | -32.2 |
| 19 | 37.9 | 34.1 | -63.9 | -21.5 | -22.8 | 1.0 | -34.2 |
| 20 | 17.4 | 15.3 | -68.1 | -23.8 | -24.6 | 0.7 | -36.2 |
| 21 | 17.5 | 14.9 | -72.4 | -26.1 | -26.5 | 0.3 | -38.2 |
| 22 | -18.3 | -15.3 | 82.2 | 30.6 | 31.8 | 42.0 | -0.9 |
| 23 | -17.6 | -14.4 | 74.9 | 27.0 | 28.6 | 38.5 | -1.3 |
| 24 | -33.4 | -26.8 | 67.5 | 23.2 | 25.4 | 35.1 | -1.7 |
| 25 | -51.0 | -40.0 | 61.1 | 18.9 | 22.2 | 32.4 | -2.7 |
| 26 | -43.6 | -33.5 | 54.7 | 14.6 | 19.0 | 29.7 | -3.7 |
| 27 | -32.5 | -24.6 | 48.3 | 9.5 | 15.9 | 27.0 | -5.2 |
| 28 | -17.2 | -12.8 | 41.9 | 4.5 | 12.7 | 24.3 | -6.8 |
| 29 | -3.5 | -2.6 | 35.0 | -0.7 | 9.5 | 21.2 | -8.6 |
| 30 | -1.7 | -1.3 | 28.0 | -6.0 | 6.3 | 18.1 | -10.3 |
| 31 | -0.0 | -0.0 | 22.6 | -11.7 | 3.1 | 16.2 | -12.4 |
| 32 | -0.0 | -0.0 | -17.3 | 17.2 | 0.0 | 14.3 | -14.5 |
| 33 | -0.0 | -0.0 | -22.6 | 11.7 | -3.1 | 12.4 | -16.2 |
| 34 | 1.7 | 1.3 | -28.0 | 6.0 | -6.3 | 10.3 | -18.1 |
| 35 | 3.5 | 2.6 | -35.0 | 0.7 | -9.5 | 8.6 | -21.2 |
| 36 | 17.2 | 12.8 | -41.9 | -4.5 | -12.7 | 6.8 | -24.3 |
| 37 | 32.5 | 24.6 | -48.3 | -9.5 | -15.9 | 5.2 | -27.0 |
| 38 | 43.6 | 33.5 | -54.7 | -14.6 | -19.0 | 3.7 | -29.7 |
| 39 | 51.0 | 40.0 | -61.1 | -18.9 | -22.2 | 2.7 | -32.4 |
| 40 | 33.4 | 26.8 | -67.5 | -23.2 | -25.4 | 1.7 | -35.1 |
| 41 | 17.6 | 14.4 | -74.9 | -27.0 | -28.6 | 1.3 | -38.5 |
| 42 | 18.3 | 15.3 | -82.2 | -30.6 | -31.8 | 0.9 | -42.0 |
| 43 | -17.5 | -14.9 | 72.4 | 26.1 | 26.5 | 38.2 | -0.3 |
| 44 | -17.4 | -15.3 | 68.1 | 23.8 | 24.6 | 36.2 | -0.7 |
| 45 | -37.9 | -34.1 | 63.9 | 21.5 | 22.8 | 34.2 | -1.0 |
| 46 | -58.9 | -55.0 | 59.6 | 18.8 | 20.9 | 32.2 | -1.7 |
| 47 | -49.6 | -45.6 | 55.3 | 16.1 | 19.0 | 30.2 | -2.3 |
| 48 | -36.6 | -32.3 | 51.1 | 12.9 | 17.1 | 28.3 | -3.5 |
| 49 | -29.5 | -26.1 | 46.9 | 9.7 | 15.2 | 26.4 | -4.6 |
| 50 | -22.2 | -19.4 | 42.5 | 6.3 | 13.4 | 24.3 | -5.9 |
| 51 | -17.2 | -15.1 | 38.1 | 2.8 | 11.5 | 22.2 | -7.2 |
| 52 | -12.1 | -10.6 | 33.9 | -0.7 | 9.6 | 20.2 | -8.6 |
| 53 | -8.2 | -7.3 | 29.6 | -4.4 | 7.7 | 18.2 | -10.1 |
| 54 | -4.3 | -3.9 | 25.5 | -8.3 | 5.8 | 16.3 | -11.8 |
| 55 | -3.1 | -2.9 | 21.3 | -12.2 | 3.9 | 14.4 | -13.5 |
| 56 | -1.8 | -1.8 | 17.2 | -16.3 | 2.1 | 12.6 | -15.4 |
| 57 | 0.0 | -0.1 | -20.5 | 13.2 | 0.2 | 10.8 | -17.2 |
| 58 | 9.8 | 8.8 | -24.8 | 9.2 | -1.6 | 9.1 | -19.3 |
| 59 | 32.1 | 30.6 | -29.1 | 5.3 | -3.5 | 7.3 | -21.3 |
| 60 | 35.8 | 34.9 | -33.7 | 2.0 | -5.4 | 6.2 | -23.6 |
| 61 | 27.4 | 27.0 | -38.4 | -1.2 | -7.3 | 5.0 | -25.9 |
| 62 | 15.1 | 14.7 | -43.6 | -3.2 | -9.1 | 4.9 | -28.7 |
| 63 | 21.9 | 21.9 | -48.9 | -6.4 | -11.0 | 3.8 | -31.6 |

VERIFICACAO A FISSURACAO E ARMADURA SUPLEMENTAR

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

- 9 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.0 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 10 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.9 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 11 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.1 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 27 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 28 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 29 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 30 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 31 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 32 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 33 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 34 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 35 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 51 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.1 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 52 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.9 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 53 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.0 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 169.3 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 193.7 | 48.9 | SEGURO |
| 3 | 207.2 | 97.8 | SEGURO |
| 4 | 232.9 | 132.5 | SEGURO |
| 5 | 265.4 | 167.2 | SEGURO |
| 6 | 288.5 | 185.9 | SEGURO |
| 7 | 293.1 | 204.6 | SEGURO |
| 8 | 293.1 | 212.9 | SEGURO |
| 9 | 293.1 | 221.2 | SEGURO |
| 10 | 290.2 | 215.9 | SEGURO |
| 11 | 287.3 | 210.6 | SEGURO |
| 12 | 275.3 | 192.4 | SEGURO |
| 13 | 263.2 | 174.3 | SEGURO |
| 14 | 239.2 | 143.9 | SEGURO |
| 15 | 215.2 | 113.5 | SEGURO |
| 16 | 273.8 | 71.3 | SEGURO |
| 17 | 311.3 | 29.1 | SEGURO |
| 18 | 365.0 | -19.4 | SEGURO |
| 19 | 432.9 | -67.9 | SEGURO |
| 20 | 451.1 | -99.0 | SEGURO |
| 21 | 469.4 | -130.1 | SEGURO |
| 22 | 433.7 | -66.4 | SEGURO |
| 23 | 399.4 | -2.8 | SEGURO |
| 24 | 300.8 | 74.3 | SEGURO |
| 25 | 330.5 | 151.6 | SEGURO |
| 26 | 399.0 | 219.6 | SEGURO |
| 27 | 460.2 | 287.6 | SEGURO |
| 28 | 467.3 | 334.2 | SEGURO |
| 29 | 474.4 | 380.8 | SEGURO |
| 30 | 474.4 | 394.1 | SEGURO |
| 31 | 474.4 | 410.2 | SEGURO |
| 32 | 474.4 | 394.1 | SEGURO |
| 33 | 474.4 | 380.8 | SEGURO |
| 34 | 467.3 | 334.2 | SEGURO |
| 35 | 460.2 | 287.6 | SEGURO |
| 36 | 399.0 | 219.6 | SEGURO |
| 37 | 330.5 | 151.6 | SEGURO |
| 38 | 300.8 | 74.3 | SEGURO |
| 39 | 399.4 | -2.8 | SEGURO |
| 40 | 433.7 | -66.4 | SEGURO |
| 41 | 469.4 | -130.1 | SEGURO |
| 42 | 451.1 | -99.0 | SEGURO |
| 43 | 432.9 | -67.9 | SEGURO |
| 44 | 365.0 | -19.4 | SEGURO |
| 45 | 311.3 | 29.1 | SEGURO |
| 46 | 273.8 | 71.3 | SEGURO |
| 47 | 215.2 | 113.5 | SEGURO |
| 48 | 239.2 | 143.9 | SEGURO |
| 49 | 263.2 | 174.3 | SEGURO |
| 50 | 275.3 | 192.4 | SEGURO |
| 51 | 287.3 | 210.6 | SEGURO |
| 52 | 290.2 | 215.9 | SEGURO |
| 53 | 293.1 | 221.2 | SEGURO |
| 54 | 293.1 | 212.9 | SEGURO |
| 55 | 293.1 | 204.6 | SEGURO |
| 56 | 288.5 | 185.9 | SEGURO |
| 57 | 265.4 | 167.2 | SEGURO |
| 58 | 232.9 | 132.5 | SEGURO |
| 59 | 207.2 | 97.8 | SEGURO |
| 60 | 193.7 | 48.9 | SEGURO |
| 61 | 169.3 | 0.0 | SEGURO |

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

21 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
41 ARMADURA PROTENSAD SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 169.3 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 193.7 | 48.9 | SEGURO |
| 3 | 207.2 | 97.8 | SEGURO |
| 4 | 232.9 | 132.5 | SEGURO |
| 5 | 265.4 | 167.2 | SEGURO |
| 6 | 288.5 | 185.9 | SEGURO |
| 7 | 293.1 | 204.6 | SEGURO |
| 8 | 293.1 | 212.9 | SEGURO |
| 9 | 293.1 | 221.2 | SEGURO |
| 10 | 290.2 | 215.9 | SEGURO |
| 11 | 287.3 | 210.6 | SEGURO |
| 12 | 275.3 | 192.4 | SEGURO |
| 13 | 263.2 | 174.3 | SEGURO |
| 14 | 239.2 | 143.9 | SEGURO |
| 15 | 215.2 | 113.5 | SEGURO |
| 16 | 273.8 | 71.3 | SEGURO |
| 17 | 311.3 | 29.1 | SEGURO |
| 18 | 365.0 | -19.4 | SEGURO |
| 19 | 432.9 | -67.9 | SEGURO |
| 20 | 451.1 | -99.0 | SEGURO |
| 21 | 469.4 | -130.1 | SEGURO |
| 22 | 433.7 | -66.4 | SEGURO |
| 23 | 399.4 | -2.8 | SEGURO |
| 24 | 300.8 | 74.3 | SEGURO |
| 25 | 330.5 | 151.6 | SEGURO |
| 26 | 399.0 | 219.6 | SEGURO |
| 27 | 460.2 | 287.6 | SEGURO |
| 28 | 467.3 | 334.2 | SEGURO |
| 29 | 474.4 | 380.8 | SEGURO |
| 30 | 474.4 | 394.1 | SEGURO |
| 31 | 474.4 | 410.2 | SEGURO |
| 32 | 474.4 | 394.1 | SEGURO |
| 33 | 474.4 | 380.8 | SEGURO |
| 34 | 467.3 | 334.2 | SEGURO |
| 35 | 460.2 | 287.6 | SEGURO |
| 36 | 399.0 | 219.6 | SEGURO |
| 37 | 330.5 | 151.6 | SEGURO |
| 38 | 300.8 | 74.3 | SEGURO |
| 39 | 399.4 | -2.8 | SEGURO |
| 40 | 433.7 | -66.4 | SEGURO |
| 41 | 469.4 | -130.1 | SEGURO |
| 42 | 451.1 | -99.0 | SEGURO |
| 43 | 432.9 | -67.9 | SEGURO |
| 44 | 365.0 | -19.4 | SEGURO |
| 45 | 311.3 | 29.1 | SEGURO |
| 46 | 273.8 | 71.3 | SEGURO |
| 47 | 215.2 | 113.5 | SEGURO |
| 48 | 239.2 | 143.9 | SEGURO |
| 49 | 263.2 | 174.3 | SEGURO |
| 50 | 275.3 | 192.4 | SEGURO |
| 51 | 287.3 | 210.6 | SEGURO |
| 52 | 290.2 | 215.9 | SEGURO |
| 53 | 293.1 | 221.2 | SEGURO |
| 54 | 293.1 | 212.9 | SEGURO |
| 55 | 293.1 | 204.6 | SEGURO |
| 56 | 288.5 | 185.9 | SEGURO |
| 57 | 265.4 | 167.2 | SEGURO |
| 58 | 232.9 | 132.5 | SEGURO |
| 59 | 207.2 | 97.8 | SEGURO |
| 60 | 193.7 | 48.9 | SEGURO |
| 61 | 169.3 | 0.0 | SEGURO |

VERIFICACAO QUANTO A FORCA CORTANTE

SG1=TENSAO PRINC. DE TRACAO

SG2=TENSAO PRINC. DE COMPR.

SECAO

| | | | |
|----|---|----------------|-----------------|
| 1 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 79. T/M2 | SG2= -309. T/M2 |
| 1 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 31. T/M2 | SG2= -260. T/M2 |
| 1 | SEG. CAR. PER. | SG1= 16. T/M2 | SG2= -245. T/M2 |
| 1 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04986 M | | |
| 2 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 89. T/M2 | SG2= -316. T/M2 |
| 2 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 19. T/M2 | SG2= -249. T/M2 |
| 2 | SEG. CAR. PER. | SG1= 5. T/M2 | SG2= -235. T/M2 |
| 2 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05141 M | | |
| 3 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 15. T/M2 | SG2= -284. T/M2 |
| 3 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 67. T/M2 | SG2= -342. T/M2 |
| 3 | SEG. CAR. PER. | SG1= 42. T/M2 | SG2= -318. T/M2 |
| 3 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08712 M | | |
| 4 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -310. T/M2 |
| 4 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 190. T/M2 | SG2= -510. T/M2 |
| 4 | SEG. CAR. PER. | SG1= 136. T/M2 | SG2= -457. T/M2 |
| 4 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06318 M | | |
| 5 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -350. T/M2 |
| 5 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 175. T/M2 | SG2= -542. T/M2 |
| 5 | SEG. CAR. PER. | SG1= 114. T/M2 | SG2= -482. T/M2 |
| 5 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06321 M | | |
| 6 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 44. T/M2 | SG2= -388. T/M2 |
| 6 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 58. T/M2 | SG2= -427. T/M2 |
| 6 | SEG. CAR. PER. | SG1= 11. T/M2 | SG2= -381. T/M2 |
| 6 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09558 M | | |
| 7 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 70. T/M2 | SG2= -410. T/M2 |
| 7 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 30. T/M2 | SG2= -399. T/M2 |
| 7 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 7 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08953 M | | |
| 8 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 42. T/M2 | SG2= -381. T/M2 |
| 8 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 53. T/M2 | SG2= -422. T/M2 |
| 8 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 8 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10248 M | | |
| 9 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 57. T/M2 | SG2= -395. T/M2 |
| 9 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 39. T/M2 | SG2= -408. T/M2 |
| 9 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 9 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09542 M | | |
| 10 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 75. T/M2 | SG2= -412. T/M2 |
| 10 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 27. T/M2 | SG2= -396. T/M2 |
| 10 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 10 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07878 M | | |
| 11 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 81. T/M2 | SG2= -415. T/M2 |
| 11 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 27. T/M2 | SG2= -396. T/M2 |
| 11 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 11 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07117 M | | |
| 12 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 87. T/M2 | SG2= -419. T/M2 |
| 12 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 28. T/M2 | SG2= -397. T/M2 |
| 12 | SEG. CAR. PER. | SG1= 1. T/M2 | SG2= -370. T/M2 |
| 12 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06469 M | | |
| 13 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 86. T/M2 | SG2= -415. T/M2 |
| 13 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 34. T/M2 | SG2= -403. T/M2 |
| 13 | SEG. CAR. PER. | SG1= 5. T/M2 | SG2= -375. T/M2 |
| 13 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06090 M | | |
| 14 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 86. T/M2 | SG2= -413. T/M2 |
| 14 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 42. T/M2 | SG2= -410. T/M2 |
| 14 | SEG. CAR. PER. | SG1= 13. T/M2 | SG2= -382. T/M2 |
| 14 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05700 M | | |
| 15 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 73. T/M2 | SG2= -395. T/M2 |
| 15 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 61. T/M2 | SG2= -429. T/M2 |
| 15 | SEG. CAR. PER. | SG1= 34. T/M2 | SG2= -402. T/M2 |
| 15 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05620 M | | |

16 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -379. T/M2
16 SEG. SOL. MIN. SG1= 83. T/M2 SG2= -451. T/M2
16 SEG. CAR. PER. SG1= 59. T/M2 SG2= -427. T/M2
16 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05528 M
17 SEG. SOL. MAX. SG1= 17. T/M2 SG2= -376. T/M2
17 SEG. SOL. MIN. SG1= 137. T/M2 SG2= -549. T/M2
17 SEG. CAR. PER. SG1= 119. T/M2 SG2= -531. T/M2
17 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06367 M
18 SEG. SOL. MAX. SG1= 3. T/M2 SG2= -382. T/M2
18 SEG. SOL. MIN. SG1= 177. T/M2 SG2= -611. T/M2
18 SEG. CAR. PER. SG1= 163. T/M2 SG2= -597. T/M2
18 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06193 M
19 SEG. SOL. MAX. SG1= 67. T/M2 SG2= -441. T/M2
19 SEG. SOL. MIN. SG1= 19. T/M2 SG2= -456. T/M2
19 SEG. CAR. PER. SG1= 17. T/M2 SG2= -453. T/M2
19 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04068 M
20 SEG. SOL. MAX. SG1= 174. T/M2 SG2= -541. T/M2
20 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
20 SEG. CAR. PER. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
20 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.02912 M
21 SEG. SOL. MAX. SG1= 250. T/M2 SG2= -611. T/M2
21 SEG. SOL. MIN. SG1= 7. T/M2 SG2= -446. T/M2
21 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
21 TAUU= 593. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
22 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 309. T/M2 SG2=-670. T/M2
22 SEG. SOL. MIN. SG1= 15. T/M2 SG2= -453. T/M2
22 SEG. CAR. PER. SG1= 18. T/M2 SG2= -456. T/M2
22 TAUU= 683. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
23 SEG. SOL. MAX. SG1= 270. T/M2 SG2= -626. T/M2
23 SEG. SOL. MIN. SG1= 9. T/M2 SG2= -447. T/M2
23 SEG. CAR. PER. SG1= 12. T/M2 SG2= -450. T/M2
23 TAUU= 619. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
24 SEG. SOL. MAX. SG1= 152. T/M2 SG2= -502. T/M2
24 SEG. SOL. MIN. SG1= 10. T/M2 SG2= -447. T/M2
24 SEG. CAR. PER. SG1= 6. T/M2 SG2= -443. T/M2
24 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03332 M
25 SEG. SOL. MAX. SG1= 72. T/M2 SG2= -413. T/M2
25 SEG. SOL. MIN. SG1= 124. T/M2 SG2= -559. T/M2
25 SEG. CAR. PER. SG1= 103. T/M2 SG2= -538. T/M2
25 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04666 M
26 SEG. SOL. MAX. SG1= 73. T/M2 SG2= -410. T/M2
26 SEG. SOL. MIN. SG1= 105. T/M2 SG2= -541. T/M2
26 SEG. CAR. PER. SG1= 78. T/M2 SG2= -514. T/M2
26 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05035 M
27 SEG. SOL. MAX. SG1= 89. T/M2 SG2= -422. T/M2
27 SEG. SOL. MIN. SG1= 70. T/M2 SG2= -507. T/M2
27 SEG. CAR. PER. SG1= 39. T/M2 SG2= -476. T/M2
27 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05203 M
28 SEG. SOL. MAX. SG1= 71. T/M2 SG2= -400. T/M2
28 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -450. T/M2
28 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
28 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05278 M
29 SEG. SOL. MAX. SG1= 86. T/M2 SG2= -410. T/M2
29 SEG. SOL. MIN. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
29 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -441. T/M2
29 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05425 M
30 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -385. T/M2
30 SEG. SOL. MIN. SG1= 4. T/M2 SG2= -443. T/M2
30 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
30 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06846 M
31 SEG. SOL. MAX. SG1= 47. T/M2 SG2= -368. T/M2
31 SEG. SOL. MIN. SG1= 10. T/M2 SG2= -449. T/M2
31 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
31 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08552 M

32 SEG. SOL. MAX. SG1= 29. T/M2 SG2= -349. T/M2
32 SEG. SOL. MIN. SG1= 21. T/M2 SG2= -460. T/M2
32 SEG. CAR. PER. SG1= -0. T/M2 SG2= -438. T/M2
32 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.11880 M
33 SEG. SOL. MAX. SG1= 47. T/M2 SG2= -368. T/M2
33 SEG. SOL. MIN. SG1= 10. T/M2 SG2= -449. T/M2
33 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
33 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08682 M
34 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -385. T/M2
34 SEG. SOL. MIN. SG1= 4. T/M2 SG2= -443. T/M2
34 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
34 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06846 M
35 SEG. SOL. MAX. SG1= 86. T/M2 SG2= -410. T/M2
35 SEG. SOL. MIN. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
35 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -441. T/M2
35 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05425 M
36 SEG. SOL. MAX. SG1= 71. T/M2 SG2= -400. T/M2
36 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -450. T/M2
36 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
36 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05278 M
37 SEG. SOL. MAX. SG1= 89. T/M2 SG2= -422. T/M2
37 SEG. SOL. MIN. SG1= 70. T/M2 SG2= -507. T/M2
37 SEG. CAR. PER. SG1= 39. T/M2 SG2= -476. T/M2
37 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05203 M
38 SEG. SOL. MAX. SG1= 73. T/M2 SG2= -410. T/M2
38 SEG. SOL. MIN. SG1= 105. T/M2 SG2= -541. T/M2
38 SEG. CAR. PER. SG1= 78. T/M2 SG2= -514. T/M2
38 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05035 M
39 SEG. SOL. MAX. SG1= 72. T/M2 SG2= -413. T/M2
39 SEG. SOL. MIN. SG1= 124. T/M2 SG2= -559. T/M2
39 SEG. CAR. PER. SG1= 103. T/M2 SG2= -538. T/M2
39 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04666 M
40 SEG. SOL. MAX. SG1= 152. T/M2 SG2= -502. T/M2
40 SEG. SOL. MIN. SG1= 10. T/M2 SG2= -447. T/M2
40 SEG. CAR. PER. SG1= 6. T/M2 SG2= -443. T/M2
40 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03332 M
41 SEG. SOL. MAX. SG1= 270. T/M2 SG2= -626. T/M2
41 SEG. SOL. MIN. SG1= 9. T/M2 SG2= -447. T/M2
41 SEG. CAR. PER. SG1= 12. T/M2 SG2= -450. T/M2
41 TAUU= 619. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
42 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 309. T/M2 SG2= -670. T/M2
42 SEG. SOL. MIN. SG1= 15. T/M2 SG2= -453. T/M2
42 SEG. CAR. PER. SG1= 18. T/M2 SG2= -456. T/M2
42 TAUU= 683. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
43 SEG. SOL. MAX. SG1= 250. T/M2 SG2= -611. T/M2
43 SEG. SOL. MIN. SG1= 7. T/M2 SG2= -446. T/M2
43 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
43 TAUU= 593. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
44 SEG. SOL. MAX. SG1= 174. T/M2 SG2= -541. T/M2
44 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
44 SEG. CAR. PER. SG1= 4. T/M2 SG2= -442. T/M2
44 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.02912 M
45 SEG. SOL. MAX. SG1= 67. T/M2 SG2= -441. T/M2
45 SEG. SOL. MIN. SG1= 19. T/M2 SG2= -456. T/M2
45 SEG. CAR. PER. SG1= 17. T/M2 SG2= -453. T/M2
45 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04068 M
46 SEG. SOL. MAX. SG1= 3. T/M2 SG2= -382. T/M2
46 SEG. SOL. MIN. SG1= 177. T/M2 SG2= -611. T/M2
46 SEG. CAR. PER. SG1= 163. T/M2 SG2= -537. T/M2
46 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06193 M
47 SEG. SOL. MAX. SG1= 17. T/M2 SG2= -376. T/M2
47 SEG. SOL. MIN. SG1= 137. T/M2 SG2= -549. T/M2
47 SEG. CAR. PER. SG1= 119. T/M2 SG2= -531. T/M2
47 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06367 M

48 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -379. T/M2
48 SEG. SOL. MIN. SG1= 83. T/M2 SG2= -451. T/M2
48 SEG. CAR. PER. SG1= 59. T/M2 SG2= -427. T/M2
48 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05528 M
49 SEG. SOL. MAX. SG1= 73. T/M2 SG2= -395. T/M2
49 SEG. SOL. MIN. SG1= 61. T/M2 SG2= -429. T/M2
49 SEG. CAR. PER. SG1= 34. T/M2 SG2= -402. T/M2
49 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05620 M
50 SEG. SOL. MAX. SG1= 86. T/M2 SG2= -413. T/M2
50 SEG. SOL. MIN. SG1= 42. T/M2 SG2= -410. T/M2
50 SEG. CAR. PER. SG1= 13. T/M2 SG2= -382. T/M2
50 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05700 M
51 SEG. SOL. MAX. SG1= 86. T/M2 SG2= -415. T/M2
51 SEG. SOL. MIN. SG1= 34. T/M2 SG2= -403. T/M2
51 SEG. CAR. PER. SG1= 5. T/M2 SG2= -375. T/M2
51 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06090 M
52 SEG. SOL. MAX. SG1= 87. T/M2 SG2= -419. T/M2
52 SEG. SOL. MIN. SG1= 28. T/M2 SG2= -397. T/M2
52 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -370. T/M2
52 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06469 M
53 SEG. SOL. MAX. SG1= 81. T/M2 SG2= -415. T/M2
53 SEG. SOL. MIN. SG1= 27. T/M2 SG2= -396. T/M2
53 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
53 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07117 M
54 SEG. SOL. MAX. SG1= 75. T/M2 SG2= -412. T/M2
54 SEG. SOL. MIN. SG1= 27. T/M2 SG2= -396. T/M2
54 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
54 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07878 M
55 SEG. SOL. MAX. SG1= 57. T/M2 SG2= -395. T/M2
55 SEG. SOL. MIN. SG1= 39. T/M2 SG2= -408. T/M2
55 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
55 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09542 M
56 SEG. SOL. MAX. SG1= 42. T/M2 SG2= -381. T/M2
56 SEG. SOL. MIN. SG1= 53. T/M2 SG2= -422. T/M2
56 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
56 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10248 M
57 SEG. SOL. MAX. SG1= 70. T/M2 SG2= -410. T/M2
57 SEG. SOL. MIN. SG1= 30. T/M2 SG2= -399. T/M2
57 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
57 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08953 M
58 SEG. SOL. MAX. SG1= 44. T/M2 SG2= -388. T/M2
58 SEG. SOL. MIN. SG1= 58. T/M2 SG2= -427. T/M2
58 SEG. CAR. PER. SG1= 11. T/M2 SG2= -381. T/M2
58 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09558 M
59 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -350. T/M2
59 SEG. SOL. MIN. SG1= 175. T/M2 SG2= -542. T/M2
59 SEG. CAR. PER. SG1= 114. T/M2 SG2= -482. T/M2
59 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06321 M
60 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -310. T/M2
60 SEG. SOL. MIN. SG1= 190. T/M2 SG2= -510. T/M2
60 SEG. CAR. PER. SG1= 136. T/M2 SG2= -457. T/M2
60 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06318 M
61 SEG. SOL. MAX. SG1= 15. T/M2 SG2= -284. T/M2
61 SEG. SOL. MIN. SG1= 67. T/M2 SG2= -342. T/M2
61 SEG. CAR. PER. SG1= 42. T/M2 SG2= -318. T/M2
61 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08712 M
62 SEG. SOL. MAX. SG1= 89. T/M2 SG2= -316. T/M2
62 SEG. SOL. MIN. SG1= 19. T/M2 SG2= -249. T/M2
62 SEG. CAR. PER. SG1= 5. T/M2 SG2= -235. T/M2
62 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05141 M
63 SEG. SOL. MAX. SG1= 79. T/M2 SG2= -309. T/M2
63 SEG. SOL. MIN. SG1= 31. T/M2 SG2= -260. T/M2
63 SEG. CAR. PER. SG1= 16. T/M2 SG2= -245. T/M2
63 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04986 M

4º EXEMPLO

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DA SECAO

| | |
|-----------------------------|----------------|
| MOMENTO DE INERCIA | =0.10654146 M4 |
| ALTURA DO C.G. | =0.4861 M |
| MODULO DE RESIST. WL | = 0.219167 M3 |
| MODULO DE RESIST. W2L | =0.257421 M3 |
| DISTANCIA NUCLEAR KL | =0.2530 M |
| DISTANCIA NUCLEAR K2L | 0.2972 M |
| AREA DA SECAO | =0.865999 M2 |
| MOM. ESTATICO ACIMA DO C.G. | =0.14364364 M3 |

FORÇAS DE PROTENSÃO EM CADA CABO-TCN.

| SEC. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.2 | 39.2 | 39.2 | 38.7 | 39.5 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 40.0 | 38.6 | 38.6 | 38.6 | 37.8 | 39.1 |
| 4 | 0.0 | 40.0 | 37.9 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 37.5 | 38.9 |
| 5 | 40.0 | 36.8 | 36.0 | 37.7 | 37.7 | 37.7 | 37.4 | 38.8 |
| 6 | 37.6 | 34.8 | 34.8 | 37.4 | 37.5 | 37.5 | 37.4 | 38.7 |
| 7 | 36.0 | 34.2 | 34.2 | 37.2 | 37.4 | 37.4 | 37.3 | 38.6 |
| 8 | 35.5 | 33.9 | 34.1 | 37.0 | 37.4 | 37.4 | 37.2 | 38.5 |
| 9 | 35.4 | 33.7 | 34.0 | 37.0 | 37.3 | 37.3 | 37.1 | 38.5 |
| 10 | 35.2 | 33.5 | 34.0 | 36.9 | 37.2 | 37.2 | 37.0 | 38.4 |
| 11 | 35.1 | 33.3 | 33.8 | 36.8 | 37.1 | 37.1 | 37.0 | 38.3 |
| 12 | 35.0 | 33.2 | 33.6 | 36.5 | 37.0 | 37.0 | 36.9 | 38.2 |
| 13 | 34.9 | 33.1 | 33.2 | 36.1 | 36.8 | 36.8 | 36.8 | 38.1 |
| 14 | 34.7 | 33.0 | 33.0 | 35.9 | 36.4 | 36.4 | 36.5 | 37.9 |
| 15 | 34.7 | 32.9 | 32.8 | 35.6 | 35.8 | 35.8 | 36.0 | 37.2 |
| 16 | 34.6 | 32.8 | 32.5 | 35.4 | 34.8 | 34.8 | 35.0 | 36.2 |
| 17 | 34.4 | 32.7 | 32.4 | 35.2 | 34.5 | 34.5 | 34.3 | 35.8 |
| 18 | 34.3 | 32.6 | 32.3 | 35.1 | 33.9 | 33.9 | 34.2 | 35.4 |
| 19 | 34.2 | 32.5 | 32.0 | 34.7 | 33.8 | 33.8 | 33.5 | 35.1 |
| 20 | 34.0 | 32.3 | 31.6 | 34.4 | 33.2 | 33.2 | 32.7 | 33.8 |
| 21 | 33.9 | 32.1 | 31.3 | 34.0 | 32.7 | 32.7 | 31.8 | 32.8 |
| 22 | 33.5 | 31.7 | 30.9 | 33.6 | 32.3 | 32.3 | 31.2 | 32.0 |
| 23 | 33.1 | 31.2 | 30.4 | 33.0 | 31.6 | 31.6 | 30.6 | 31.2 |
| 24 | 32.7 | 30.5 | 29.8 | 32.3 | 30.7 | 30.7 | 30.2 | 31.0 |
| 25 | 32.5 | 30.4 | 29.6 | 32.2 | 30.5 | 30.5 | 29.8 | 30.3 |
| 26 | 32.4 | 29.9 | 29.2 | 31.7 | 29.7 | 29.7 | 29.2 | 29.6 |
| 27 | 32.1 | 29.4 | 28.6 | 31.1 | 29.1 | 29.1 | 28.7 | 29.3 |
| 28 | 31.7 | 29.0 | 28.3 | 30.7 | 28.7 | 28.7 | 28.4 | 29.2 |
| 29 | 31.3 | 28.8 | 28.1 | 30.5 | 28.6 | 28.6 | 28.3 | 29.1 |
| 30 | 31.1 | 28.7 | 28.0 | 30.4 | 28.5 | 28.5 | 28.2 | 28.9 |
| 31 | 31.0 | 28.5 | 27.8 | 30.3 | 28.4 | 28.4 | 28.1 | 28.8 |
| 32 | 31.1 | 28.7 | 28.0 | 30.4 | 28.5 | 28.5 | 28.2 | 28.9 |
| 33 | 31.3 | 28.8 | 28.1 | 30.5 | 28.6 | 28.6 | 28.3 | 29.1 |
| 34 | 31.7 | 29.0 | 28.3 | 30.7 | 28.7 | 28.7 | 28.4 | 29.2 |
| 35 | 32.1 | 29.4 | 28.6 | 31.1 | 29.1 | 29.1 | 28.7 | 29.3 |
| 36 | 32.4 | 29.9 | 29.2 | 31.7 | 29.7 | 29.7 | 29.2 | 29.6 |
| 37 | 32.5 | 30.4 | 29.6 | 32.2 | 30.5 | 30.5 | 29.8 | 30.3 |
| 38 | 32.7 | 30.5 | 29.8 | 32.3 | 30.7 | 30.7 | 30.2 | 31.0 |
| 39 | 33.1 | 31.2 | 30.4 | 33.0 | 31.6 | 31.6 | 30.6 | 31.2 |
| 40 | 33.5 | 31.7 | 30.9 | 33.6 | 32.3 | 32.3 | 31.2 | 32.0 |
| 41 | 33.9 | 32.1 | 31.3 | 34.0 | 32.7 | 32.7 | 31.8 | 32.8 |
| 42 | 34.0 | 32.3 | 31.6 | 34.4 | 33.2 | 33.2 | 32.7 | 33.8 |
| 43 | 34.2 | 32.5 | 32.0 | 34.7 | 33.8 | 33.8 | 33.5 | 35.1 |
| 44 | 34.3 | 32.6 | 32.3 | 35.1 | 33.9 | 33.9 | 34.2 | 35.4 |
| 45 | 34.4 | 32.7 | 32.4 | 35.2 | 34.5 | 34.5 | 34.3 | 35.8 |
| 46 | 34.6 | 32.8 | 32.5 | 35.4 | 34.8 | 34.8 | 35.0 | 36.2 |
| 47 | 34.7 | 32.9 | 32.8 | 35.6 | 35.8 | 35.8 | 36.0 | 37.2 |
| 48 | 34.7 | 33.0 | 33.0 | 35.9 | 36.4 | 36.4 | 36.5 | 37.9 |
| 49 | 34.9 | 33.1 | 33.2 | 36.1 | 36.8 | 36.8 | 36.8 | 38.1 |
| 50 | 35.0 | 33.2 | 33.6 | 36.5 | 37.0 | 37.0 | 36.9 | 38.2 |
| 51 | 35.1 | 33.3 | 33.8 | 36.8 | 37.1 | 37.1 | 37.0 | 38.3 |
| 52 | 35.2 | 33.5 | 34.0 | 36.9 | 37.2 | 37.2 | 37.0 | 38.4 |
| 53 | 35.4 | 33.7 | 34.0 | 37.0 | 37.3 | 37.3 | 37.1 | 38.5 |
| 54 | 35.5 | 33.9 | 34.1 | 37.0 | 37.4 | 37.4 | 37.2 | 38.5 |
| 55 | 36.0 | 34.2 | 34.2 | 37.2 | 37.4 | 37.4 | 37.3 | 38.6 |
| 56 | 37.6 | 34.8 | 34.8 | 37.4 | 37.5 | 37.5 | 37.4 | 38.7 |
| 57 | 39.9 | 36.8 | 36.0 | 37.7 | 37.7 | 37.7 | 37.4 | 38.8 |
| 58 | 0.0 | 39.9 | 37.9 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 37.5 | 38.9 |
| 59 | 0.0 | 0.0 | 39.9 | 38.6 | 38.6 | 38.6 | 37.8 | 39.1 |
| 60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.2 | 39.2 | 39.2 | 38.7 | 39.5 |
| 61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.9 | 39.9 | 39.9 | 39.9 | 39.9 |

| SEC. | C9 | C10 |
|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 0.0 | 0.0 |
| 16 | 0.0 | 0.0 |
| 17 | 30.0 | 30.0 |
| 18 | 28.6 | 28.6 |
| 19 | 27.0 | 27.0 |
| 20 | 25.8 | 25.8 |
| 21 | 25.0 | 25.0 |
| 22 | 24.3 | 24.3 |
| 23 | 23.9 | 23.9 |
| 24 | 23.5 | 23.5 |
| 25 | 22.9 | 22.9 |
| 26 | 22.5 | 22.5 |
| 27 | 22.4 | 22.4 |
| 28 | 22.3 | 22.3 |
| 29 | 22.3 | 22.3 |
| 30 | 22.2 | 22.2 |
| 31 | 22.1 | 22.1 |
| 32 | 22.2 | 22.2 |
| 33 | 22.3 | 22.3 |
| 34 | 22.3 | 22.3 |
| 35 | 22.4 | 22.4 |
| 36 | 22.5 | 22.5 |
| 37 | 22.9 | 22.9 |
| 38 | 23.5 | 23.5 |
| 39 | 23.9 | 23.9 |
| 40 | 24.3 | 24.3 |
| 41 | 25.0 | 25.0 |
| 42 | 25.8 | 25.8 |
| 43 | 27.0 | 27.0 |
| 44 | 28.6 | 28.6 |
| 45 | 29.9 | 29.9 |
| 46 | 0.0 | 0.0 |
| 47 | 0.0 | 0.0 |
| 48 | 0.0 | 0.0 |
| 49 | 0.0 | 0.0 |
| 50 | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 0.0 | 0.0 |
| 53 | 0.0 | 0.0 |
| 54 | 0.0 | 0.0 |
| 55 | 0.0 | 0.0 |
| 56 | 0.0 | 0.0 |
| 57 | 0.0 | 0.0 |
| 58 | 0.0 | 0.0 |
| 59 | 0.0 | 0.0 |
| 60 | 0.0 | 0.0 |
| 61 | 0.0 | 0.0 |

MOMENTOS DEVIDOS A PROTENSÃO-TM

| SEC | HIPER | NUCLEARES | | MG | 1.2MP | |
|-----|-------|-----------|-------|--------|-------|--------|
| | | SUP | INF | | (+) | (-) |
| 1 | 0.0 | -67.4 | 42.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 1.6 | -84.7 | 23.1 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 3 | 3.3 | -87.1 | 40.9 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 4 | 4.9 | -96.7 | 51.2 | 16.8 | 61.0 | 17.7 |
| 5 | 6.6 | -109.7 | 56.7 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 6 | 8.2 | -121.6 | 41.2 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 7 | 9.9 | -124.5 | 36.5 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 8 | 11.5 | -124.1 | 36.2 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 9 | 13.2 | -123.8 | 36.0 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 10 | 14.8 | -123.0 | 36.4 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 11 | 16.5 | -121.6 | 37.2 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 12 | 18.1 | -119.3 | 38.9 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 13 | 19.8 | -115.2 | 42.1 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 14 | 21.4 | -108.6 | 47.7 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 15 | 23.1 | -97.7 | 56.9 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 16 | 24.7 | -78.3 | 73.8 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 17 | 26.4 | -94.1 | 89.8 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 18 | 28.0 | -52.2 | 128.9 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 19 | 29.7 | -16.7 | 161.5 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 20 | 31.3 | -1.1 | 173.4 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 21 | 33.0 | 3.3 | 174.9 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 22 | 33.0 | -6.2 | 162.6 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 23 | 33.0 | -32.4 | 133.0 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 24 | 33.0 | -79.2 | 83.3 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 25 | 33.0 | -127.8 | 32.7 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 26 | 33.0 | -155.0 | 2.8 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 27 | 33.0 | -170.2 | -14.6 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 28 | 33.0 | -172.3 | -18.3 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 29 | 33.0 | -173.1 | -19.9 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 30 | 33.0 | -172.3 | -19.8 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 31 | 33.0 | -171.7 | -19.8 | 80.7 | 151.7 | -23.4 |
| 32 | 33.0 | -172.3 | -19.8 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 33 | 33.0 | -173.1 | -19.9 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 34 | 33.0 | -172.3 | -18.3 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 35 | 33.0 | -170.2 | -14.6 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 36 | 33.0 | -155.0 | 2.8 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 37 | 33.0 | -127.8 | 32.7 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 38 | 33.0 | -79.2 | 83.3 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 39 | 33.0 | -32.4 | 133.0 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 40 | 33.0 | -6.2 | 162.6 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 41 | 33.0 | 3.3 | 174.9 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 42 | 31.3 | -1.1 | 173.4 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 43 | 29.7 | -16.7 | 161.5 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 44 | 28.0 | -52.2 | 128.9 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 45 | 26.4 | -94.1 | 89.8 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 46 | 24.7 | -78.3 | 73.8 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 47 | 23.1 | -97.7 | 56.9 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 48 | 21.4 | -108.6 | 47.7 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 49 | 19.8 | -115.2 | 42.1 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 50 | 18.1 | -119.3 | 38.9 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 51 | 16.5 | -121.6 | 37.2 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 52 | 14.8 | -123.0 | 36.4 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 53 | 13.2 | -123.8 | 36.0 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 54 | 11.5 | -124.1 | 36.2 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 55 | 9.9 | -124.5 | 36.5 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 56 | 8.2 | -121.6 | 41.2 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 57 | 6.6 | -109.7 | 56.7 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 58 | 4.9 | -96.7 | 51.2 | 16.8 | 61.0 | -17.7 |
| 59 | 3.3 | -87.1 | 40.9 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 60 | 1.6 | -84.7 | 23.1 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 61 | 0.0 | -67.4 | 42.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM A
PROTENSAO E A CARGA PERMANENTE

SECAO BO.INF. BO.SUP.

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM AS
CARGAS DE PROTENSAO, PERMANENTE E METADE DA MOVEL

| SECAO | BO.INF. | BO.SUP. | |
|-------|---------|---------|----------|
| 29 | 17. | -609. | INSEGURO |
| 30 | 45. | -631. | INSEGURO |
| 31 | 81. | -659. | INSEGURO |
| 32 | 45. | -631. | INSEGURO |
| 33 | 17. | -609. | INSEGURO |

SECAO BO.INF. BO.SUP.

TENSÕES NAS BORDAS EM CADA SECAO-T/M2

VERIFICADAS SEGUNDO P-NB-116 ITENS 3.1.2.E3.1.3.

TBICP=TENSÃO NA BORDA INF. COM 1,2MP(+)
TBSCP=TENSÃO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(+)
TBICN= TENSÃO NA BORDA INF. COM 1,2MP(-)
TBSCN=TENSÃO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(-)

| SECAO | TBICP | TBSCP | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -307. | -165. | SEGURO |
| 2 | -247. | -208. | SEGURO |
| 3 | -119. | -396. | SEGURO |
| 4 | -63. | -520. | SEGURO |
| 5 | -22. | -627. | SEGURO |
| 6 | -21. | -614. | SEGURO |
| 7 | 20. | -643. | SEGURO |
| 8 | 49. | -665. | SEGURO |
| 9 | 77. | -687. | SEGURO |
| 10 | 70. | -679. | SEGURO |
| 11 | 65. | -673. | SEGURO |
| 12 | 30. | -640. | SEGURO |
| 13 | 2. | -613. | SEGURO |
| 14 | -47. | -567. | SEGURO |
| 15 | -77. | -534. | SEGURO |
| 16 | -102. | -504. | SEGURO |
| 17 | -287. | -470. | SEGURO |
| 18 | -226. | -510. | SEGURO |
| 19 | -194. | -526. | SEGURO |
| 20 | -205. | -502. | SEGURO |
| 21 | -267. | -438. | SEGURO |
| 22 | -135. | -540. | SEGURO |
| 23 | -79. | -575. | SEGURO |
| 24 | -79. | -564. | SEGURO |
| 25 | -87. | -549. | SEGURO |
| 26 | -23. | -593. | SEGURO |
| 27 | 95. | -686. | SEGURO |
| 28 | 214. | -781. | SEGURO |
| 29 | 340. | -884. | SEGURO |
| 30 | 380. | -916. | SEGURO |
| 31 | 427. | -954. | SEGURO |
| 32 | 380. | -916. | SEGURO |
| 33 | 340. | -884. | SEGURO |
| 34 | 214. | -781. | SEGURO |
| 35 | 95. | -686. | SEGURO |
| 36 | -23. | -593. | SEGURO |
| 37 | -87. | -549. | SEGURO |
| 38 | -79. | -564. | SEGURO |
| 39 | -79. | -575. | SEGURO |
| 40 | -135. | -540. | SEGURO |
| 41 | -267. | -438. | SEGURO |
| 42 | -205. | -502. | SEGURO |
| 43 | -194. | -526. | SEGURO |
| 44 | -226. | -510. | SEGURO |
| 45 | -287. | -470. | SEGURO |
| 46 | -102. | -504. | SEGURO |
| 47 | -77. | -534. | SEGURO |
| 48 | -47. | -567. | SEGURO |
| 49 | 2. | -613. | SEGURO |
| 50 | 30. | -640. | SEGURO |
| 51 | 65. | -673. | SEGURO |
| 52 | 70. | -679. | SEGURO |
| 53 | 77. | -687. | SEGURO |
| 54 | 49. | -665. | SEGURO |
| 55 | 20. | -643. | SEGURO |
| 56 | -21. | -614. | SEGURO |
| 57 | -22. | -627. | SEGURO |
| 58 | -63. | -520. | SEGURO |
| 59 | -119. | -396. | SEGURO |
| 60 | -247. | -208. | SEGURO |
| 61 | -307. | -165. | SEGURO |

| SECAO | TBICN | TBSCN | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -307. | -165. | SEGURO |
| 2 | -376. | -98. | SEGURO |
| 3 | -377. | -176. | SEGURO |
| 4 | -260. | -353. | SEGURO |
| 5 | -484. | -234. | SEGURO |
| 6 | -552. | -162. | SEGURO |
| 7 | -580. | -131. | SEGURO |
| 8 | -604. | -108. | SEGURO |
| 9 | -629. | -85. | SEGURO |
| 10 | -664. | -53. | SEGURO |
| 11 | -696. | -24. | SEGURO |
| 12 | -737. | 12. | SEGURO |
| 13 | -769. | 43. | SEGURO |
| 14 | -801. | 75. | SEGURO |
| 15 | -814. | 92. | SEGURO |
| 16 | -801. | 91. | SEGURO |
| 17 | -948. | 92. | SEGURO |
| 18 | -846. | 16. | SEGURO |
| 19 | -772. | -34. | SEGURO |
| 20 | -845. | 41. | SEGURO |
| 21 | -969. | 159. | SEGURO |
| 22 | -670. | -84. | SEGURO |
| 23 | -448. | -261. | SEGURO |
| 24 | -489. | -214. | SEGURO |
| 25 | -539. | -164. | SEGURO |
| 26 | -565. | -131. | SEGURO |
| 27 | -537. | -147. | SEGURO |
| 28 | -486. | -184. | SEGURO |
| 29 | -429. | -229. | SEGURO |
| 30 | -402. | -249. | SEGURO |
| 31 | -371. | -273. | SEGURO |
| 32 | -402. | -249. | SEGURO |
| 33 | -429. | -229. | SEGURO |
| 34 | -486. | -184. | SEGURO |
| 35 | -537. | -147. | SEGURO |
| 36 | -565. | -131. | SEGURO |
| 37 | -539. | -164. | SEGURO |
| 38 | -489. | -214. | SEGURO |
| 39 | -448. | -261. | SEGURO |
| 40 | -670. | -84. | SEGURO |
| 41 | -969. | 159. | SEGURO |
| 42 | -845. | 41. | SEGURO |
| 43 | -772. | -34. | SEGURO |
| 44 | -846. | 16. | SEGURO |
| 45 | -948. | 92. | SEGURO |
| 46 | -801. | 91. | SEGURO |
| 47 | -814. | 92. | SEGURO |
| 48 | -801. | 75. | SEGURO |
| 49 | -769. | 43. | SEGURO |
| 50 | -737. | 12. | SEGURO |
| 51 | -696. | -24. | SEGURO |
| 52 | -664. | -53. | SEGURO |
| 53 | -629. | -85. | SEGURO |
| 54 | -604. | -108. | SEGURO |
| 55 | -580. | -131. | SEGURO |
| 56 | -552. | -162. | SEGURO |
| 57 | -484. | -234. | SEGURO |
| 58 | -422. | -214. | SEGURO |
| 59 | -377. | -176. | SEGURO |
| 60 | -376. | -98. | SEGURO |
| 61 | -307. | -165. | SEGURO |

FORÇAS CORTANTES-TON.

CPSP=CORTANTE DA PROTENSAO SEM PERDAS

CPCP=CORTANTE DA PROTENSAO COM PERDAS

| SEC. | CPSP | CPCP | MAX. | MIN. | QG | QP(+) | QP(-) |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -29.8 | -29.8 | 48.9 | 6.4 | 11.0 | 31.6 | -3.8 |
| 2 | -18.3 | -17.9 | 43.6 | 3.2 | 9.1 | 28.7 | -4.9 |
| 3 | -27.5 | -27.1 | 38.4 | 1.2 | 7.3 | 25.9 | -5.0 |
| 4 | -36.0 | -35.1 | 33.7 | -2.0 | 5.4 | 23.6 | -6.2 |
| 5 | -31.0 | -29.4 | 29.1 | -5.3 | 3.5 | 21.3 | -7.3 |
| 6 | -10.0 | -9.0 | 24.8 | -9.2 | 1.6 | 19.3 | -9.1 |
| 7 | -0.4 | -0.1 | 20.5 | -13.2 | -0.2 | 17.2 | -10.8 |
| 8 | 2.3 | 2.3 | -17.2 | 16.3 | -2.1 | 15.4 | -12.6 |
| 9 | 2.7 | 2.6 | -21.3 | 12.2 | -3.9 | 13.5 | -14.4 |
| 10 | 3.5 | 3.4 | -25.5 | 8.3 | -5.8 | 11.8 | -16.3 |
| 11 | 4.7 | 4.3 | -29.6 | 4.4 | -7.7 | 10.1 | -18.2 |
| 12 | 6.6 | 6.0 | -33.9 | 0.7 | -9.6 | 8.6 | -20.2 |
| 13 | 9.7 | 8.8 | -38.1 | -2.8 | -11.5 | 7.2 | -22.2 |
| 14 | 14.5 | 13.0 | -42.5 | -6.3 | -13.4 | 5.9 | -24.3 |
| 15 | 23.8 | 21.2 | -46.9 | -9.7 | -15.2 | 4.6 | -26.4 |
| 16 | 38.4 | 33.7 | -51.1 | -12.9 | -17.1 | 3.5 | -28.3 |
| 17 | 70.5 | 65.3 | -55.3 | -16.1 | -19.0 | 2.3 | -30.2 |
| 18 | 58.4 | 52.6 | -59.6 | -18.8 | -20.9 | 1.7 | -32.2 |
| 19 | 41.9 | 36.6 | -63.9 | -21.5 | -22.8 | 1.0 | -34.2 |
| 20 | 18.6 | 15.9 | -68.1 | -23.8 | -24.6 | 0.7 | -36.2 |
| 21 | 1.1 | 1.3 | -72.4 | -26.1 | -26.5 | 0.3 | -38.2 |
| 22 | -1.0 | -0.9 | 82.2 | 30.6 | 31.8 | 42.0 | -0.9 |
| 23 | -18.8 | -15.1 | 74.9 | 27.0 | 28.6 | 38.5 | -1.3 |
| 24 | -38.9 | -30.7 | 67.5 | 23.2 | 25.4 | 35.1 | -1.7 |
| 25 | -52.0 | -40.3 | 61.1 | 18.9 | 22.2 | 32.4 | -2.7 |
| 26 | -43.0 | -33.0 | 54.7 | 14.6 | 19.0 | 29.7 | -3.7 |
| 27 | -25.8 | -19.5 | 48.3 | 9.5 | 15.9 | 27.0 | -5.2 |
| 28 | -11.7 | -8.8 | 41.9 | 4.5 | 12.7 | 24.3 | -6.8 |
| 29 | -2.9 | -2.2 | 35.0 | -0.7 | 9.5 | 21.2 | -8.6 |
| 30 | -0.9 | -0.6 | 28.0 | -6.0 | 6.3 | 18.1 | -10.3 |
| 31 | -0.0 | -0.0 | 22.6 | -11.7 | 3.1 | 16.2 | -12.4 |
| 32 | -0.0 | -0.0 | -17.3 | 17.2 | 0.0 | 14.3 | -14.5 |
| 33 | -0.0 | -0.0 | -22.6 | 11.7 | -3.1 | 12.4 | -16.2 |
| 34 | 0.9 | 0.6 | -28.0 | 6.0 | -6.3 | 10.3 | -18.1 |
| 35 | 2.9 | 2.2 | -35.0 | 0.7 | -9.5 | 8.6 | -21.2 |
| 36 | 11.7 | 8.8 | -41.9 | -4.5 | -12.7 | 6.8 | -24.3 |
| 37 | 25.8 | 19.5 | -48.3 | -9.5 | -15.9 | 5.2 | -27.0 |
| 38 | 43.0 | 33.0 | -54.7 | -14.6 | -19.0 | 3.7 | -29.7 |
| 39 | 52.0 | 40.3 | -61.1 | -18.9 | -22.2 | 2.7 | -32.4 |
| 40 | 38.9 | 30.7 | -67.5 | -23.2 | -25.4 | 1.7 | -35.1 |
| 41 | 18.8 | 15.1 | -74.9 | -27.0 | -28.6 | 1.3 | -38.5 |
| 42 | 1.0 | 0.9 | -82.2 | -30.6 | -31.8 | 0.9 | -42.0 |
| 43 | -1.1 | -1.3 | 72.4 | 26.1 | 26.5 | 38.2 | -0.3 |
| 44 | -18.6 | -15.9 | 68.1 | 23.8 | 24.6 | 36.2 | -0.7 |
| 45 | -41.9 | -36.6 | 63.9 | 21.5 | 22.8 | 34.2 | -1.0 |
| 46 | -58.4 | -52.6 | 59.6 | 18.8 | 20.9 | 32.2 | -1.7 |
| 47 | -70.5 | -65.3 | 55.3 | 16.1 | 19.0 | 30.2 | -2.3 |
| 48 | -38.4 | -33.7 | 51.1 | 12.9 | 17.1 | 28.3 | -3.5 |
| 49 | -23.8 | -21.2 | 46.9 | 9.7 | 15.2 | 26.4 | -4.6 |
| 50 | -14.5 | -13.0 | 42.5 | 6.3 | 13.4 | 24.3 | -5.9 |
| 51 | -9.7 | -8.8 | 38.1 | 2.8 | 11.5 | 22.2 | -7.2 |
| 52 | -6.6 | -6.0 | 33.9 | -0.7 | 9.6 | 20.2 | -8.6 |
| 53 | -4.7 | -4.3 | 29.6 | -4.4 | 7.7 | 18.2 | -10.1 |
| 54 | -3.5 | -3.4 | 25.5 | -8.3 | 5.8 | 16.3 | -11.8 |
| 55 | -2.7 | -2.6 | 21.3 | -12.2 | 3.9 | 14.4 | -13.5 |
| 56 | -2.3 | -2.3 | 17.2 | -16.3 | 2.1 | 12.6 | -15.4 |
| 57 | 0.4 | 0.1 | -20.5 | 13.2 | 0.2 | 10.8 | -17.2 |
| 58 | 10.0 | 9.0 | -24.8 | 9.2 | -1.6 | 9.1 | -19.3 |
| 59 | 31.0 | 29.4 | -29.1 | 5.3 | -3.5 | 7.3 | -21.3 |
| 60 | 36.0 | 35.1 | -33.7 | 2.0 | -5.4 | 6.2 | -23.6 |
| 61 | 27.5 | 27.1 | -38.4 | -1.2 | -7.3 | 5.0 | -25.9 |
| 62 | 18.3 | 17.9 | -43.6 | -3.2 | -9.1 | 4.9 | -28.7 |
| 63 | 29.8 | 29.8 | -48.9 | -6.4 | -11.0 | 3.8 | -31.6 |

VERIFICACAO A FISSURACAO E ARMADURA SUPLEMENTAR

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAD COM 1.2MP(+)

- 8 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 0.8 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 9 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.6 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 10 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 5.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 11 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.9 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 27 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 28 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 29 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 30 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 31 ARMADURA SUPL. AREA= 18.1 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 32 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 33 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 34 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 35 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 51 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.9 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 52 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 5.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 53 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.6 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 54 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 0.8 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAD COM 1.2MP(+)

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 186.9 | 49.2 | SEGURO |
| 3 | 201.9 | 98.4 | SEGURO |
| 4 | 227.5 | 133.5 | SEGURO |
| 5 | 259.5 | 168.5 | SEGURO |
| 6 | 281.8 | 187.5 | SEGURO |
| 7 | 288.3 | 206.5 | SEGURO |
| 8 | 288.3 | 215.2 | SEGURO |
| 9 | 288.3 | 223.8 | SEGURO |
| 10 | 287.3 | 218.8 | SEGURO |
| 11 | 285.4 | 213.8 | SEGURO |
| 12 | 281.8 | 196.0 | SEGURO |
| 13 | 275.4 | 178.1 | SEGURO |
| 14 | 264.7 | 148.1 | SEGURO |
| 15 | 247.2 | 118.0 | SEGURO |
| 16 | 215.2 | 76.1 | SEGURO |
| 17 | 272.9 | 34.2 | SEGURO |
| 18 | 352.2 | -13.9 | SEGURO |
| 19 | 422.7 | -62.1 | SEGURO |
| 20 | 453.4 | -92.9 | SEGURO |
| 21 | 462.4 | -123.7 | SEGURO |
| 22 | 440.1 | -60.1 | SEGURO |
| 23 | 379.7 | 3.5 | SEGURO |
| 24 | 268.7 | 80.7 | SEGURO |
| 25 | 377.4 | 158.0 | SEGURO |
| 26 | 440.5 | 226.0 | SEGURO |
| 27 | 478.0 | 294.0 | SEGURO |
| 28 | 486.1 | 340.6 | SEGURO |
| 29 | 489.6 | 387.2 | SEGURO |
| 30 | 489.6 | 400.5 | SEGURO |
| 31 | 489.6 | 416.6 | SEGURO |
| 32 | 489.6 | 400.5 | SEGURO |
| 33 | 489.6 | 387.2 | SEGURO |
| 34 | 486.1 | 340.6 | SEGURO |
| 35 | 478.0 | 294.0 | SEGURO |
| 36 | 440.5 | 226.0 | SEGURO |
| 37 | 377.4 | 158.0 | SEGURO |
| 38 | 268.7 | 80.7 | SEGURO |
| 39 | 379.7 | 3.5 | SEGURO |
| 40 | 440.1 | -60.1 | SEGURO |
| 41 | 462.4 | -123.7 | SEGURO |
| 42 | 453.4 | -92.9 | SEGURO |
| 43 | 422.7 | -62.1 | SEGURO |
| 44 | 352.2 | -13.9 | SEGURO |
| 45 | 272.9 | 34.2 | SEGURO |
| 46 | 215.2 | 76.1 | SEGURO |
| 47 | 247.2 | 118.0 | SEGURO |
| 48 | 264.7 | 148.1 | SEGURO |
| 49 | 275.4 | 178.1 | SEGURO |
| 50 | 281.8 | 196.0 | SEGURO |
| 51 | 285.4 | 213.8 | SEGURO |
| 52 | 287.3 | 218.8 | SEGURO |
| 53 | 288.3 | 223.8 | SEGURO |
| 54 | 288.3 | 215.2 | SEGURO |
| 55 | 288.3 | 206.5 | SEGURO |
| 56 | 281.8 | 187.5 | SEGURO |
| 57 | 259.5 | 168.5 | SEGURO |
| 58 | 227.5 | 133.5 | SEGURO |
| 59 | 201.9 | 98.4 | SEGURO |
| 60 | 186.9 | 49.2 | SEGURO |
| 61 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

- 14 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 5.2 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.79 CM
- 15 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.6 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 16 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.5 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 17 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 6.7 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 21 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 41 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 45 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 6.7 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 46 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.5 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 47 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 7.6 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.94 CM
- 48 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 5.2 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.79 CM

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 186.9 | 49.2 | SEGURO |
| 3 | 201.9 | 98.4 | SEGURO |
| 4 | 227.5 | 133.5 | SEGURO |
| 5 | 259.5 | 168.5 | SEGURO |
| 6 | 281.8 | 187.5 | SEGURO |
| 7 | 288.3 | 206.5 | SEGURO |
| 8 | 288.3 | 215.2 | SEGURO |
| 9 | 288.3 | 223.8 | SEGURO |
| 10 | 287.3 | 218.8 | SEGURO |
| 11 | 285.4 | 213.8 | SEGURO |
| 12 | 281.8 | 196.0 | SEGURO |
| 13 | 275.4 | 178.1 | SEGURO |
| 14 | 270.8 | 148.1 | SEGURO |
| 15 | 255.6 | 118.0 | SEGURO |
| 16 | 222.3 | 76.1 | SEGURO |
| 17 | 279.2 | 34.2 | SEGURO |
| 18 | 352.2 | -13.9 | SEGURO |
| 19 | 422.7 | -62.1 | SEGURO |
| 20 | 453.4 | -92.9 | SEGURO |
| 21 | 462.4 | -123.7 | SEGURO |
| 22 | 440.1 | -60.1 | SEGURO |
| 23 | 379.7 | 3.5 | SEGURO |
| 24 | 268.7 | 80.7 | SEGURO |
| 25 | 377.4 | 158.0 | SEGURO |
| 26 | 440.5 | 226.0 | SEGURO |
| 27 | 478.0 | 294.0 | SEGURO |
| 28 | 486.1 | 340.6 | SEGURO |
| 29 | 489.6 | 387.2 | SEGURO |
| 30 | 489.6 | 400.5 | SEGURO |
| 31 | 489.6 | 416.6 | SEGURO |
| 32 | 489.6 | 400.5 | SEGURO |
| 33 | 489.6 | 387.2 | SEGURO |
| 34 | 486.1 | 340.6 | SEGURO |
| 35 | 478.0 | 294.0 | SEGURO |
| 36 | 440.5 | 226.0 | SEGURO |
| 37 | 377.4 | 158.0 | SEGURO |
| 38 | 268.7 | 80.7 | SEGURO |
| 39 | 379.7 | 3.5 | SEGURO |
| 40 | 440.1 | -60.1 | SEGURO |
| 41 | 462.4 | -123.7 | SEGURO |
| 42 | 453.4 | -92.9 | SEGURO |
| 43 | 422.7 | -62.1 | SEGURO |
| 44 | 352.2 | -13.9 | SEGURO |
| 45 | 279.2 | 34.2 | SEGURO |
| 46 | 222.3 | 76.1 | SEGURO |
| 47 | 255.6 | 118.0 | SEGURO |
| 48 | 270.8 | 148.1 | SEGURO |
| 49 | 275.4 | 178.1 | SEGURO |
| 50 | 281.8 | 196.0 | SEGURO |
| 51 | 285.4 | 213.8 | SEGURO |
| 52 | 287.3 | 218.8 | SEGURO |
| 53 | 288.3 | 223.8 | SEGURO |
| 54 | 288.3 | 215.2 | SEGURO |
| 55 | 288.3 | 206.5 | SEGURO |
| 56 | 281.8 | 187.5 | SEGURO |
| 57 | 259.5 | 168.5 | SEGURO |
| 58 | 227.5 | 133.5 | SEGURO |
| 59 | 201.9 | 98.4 | SEGURO |
| 60 | 186.9 | 49.2 | SEGURO |
| 61 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |

VERIFICACAO QUANTO A FORCA CORTANTE
SG1=TENSAO PRINC. DE TRACAO
SG2=TENSAO PRINC. DE COMPR.
SECAO

| | | | |
|----|----------------------|----------------------|-----------------|
| 1 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 52. T/M2 | SG2= -280. T/M2 |
| 1 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 73. T/M2 | SG2= -301. T/M2 |
| 1 | SEG. CAR. PER. | SG1= 51. T/M2 | SG2= -279. T/M2 |
| 1 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05779 M |
| 2 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 86. T/M2 | SG2= -311. T/M2 |
| 2 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 34. T/M2 | SG2= -264. T/M2 |
| 2 | SEG. CAR. PER. | SG1= 14. T/M2 | SG2= -243. T/M2 |
| 2 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05419 M |
| 3 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 18. T/M2 | SG2= -284. T/M2 |
| 3 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 78. T/M2 | SG2= -353. T/M2 |
| 3 | SEG. CAR. PER. | SG1= 50. T/M2 | SG2= -325. T/M2 |
| 3 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.08570 M |
| 4 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -307. T/M2 |
| 4 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 130. T/M2 | SG2= -450. T/M2 |
| 4 | SEG. CAR. PER. | SG1= 91. T/M2 | SG2= -412. T/M2 |
| 4 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.06497 M |
| 5 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -347. T/M2 |
| 5 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 111. T/M2 | SG2= -478. T/M2 |
| 5 | SEG. CAR. PER. | SG1= 69. T/M2 | SG2= -437. T/M2 |
| 5 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.06747 M |
| 6 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 27. T/M2 | SG2= -368. T/M2 |
| 6 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 37. T/M2 | SG2= -406. T/M2 |
| 6 | SEG. CAR. PER. | SG1= 7. T/M2 | SG2= -376. T/M2 |
| 6 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.10127 M |
| 7 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 43. T/M2 | SG2= -381. T/M2 |
| 7 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 19. T/M2 | SG2= -389. T/M2 |
| 7 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 7 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.09484 M |
| 8 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 25. T/M2 | SG2= -361. T/M2 |
| 8 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 34. T/M2 | SG2= -404. T/M2 |
| 8 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 8 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.10614 M |
| 9 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 37. T/M2 | SG2= -373. T/M2 |
| 9 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 23. T/M2 | SG2= -392. T/M2 |
| 9 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 9 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.09936 M |
| 10 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 51. T/M2 | SG2= -385. T/M2 |
| 10 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 14. T/M2 | SG2= -384. T/M2 |
| 10 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -370. T/M2 |
| 10 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.08064 M |
| 11 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 65. T/M2 | SG2= -398. T/M2 |
| 11 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 8. T/M2 | SG2= -378. T/M2 |
| 11 | SEG. CAR. PER. | SG1= 1. T/M2 | SG2= -370. T/M2 |
| 11 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.06823 M |
| 12 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 76. T/M2 | SG2= -408. T/M2 |
| 12 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 5. T/M2 | SG2= -375. T/M2 |
| 12 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -370. T/M2 |
| 12 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.06000 M |
| 13 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 84. T/M2 | SG2= -414. T/M2 |
| 13 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 5. T/M2 | SG2= -374. T/M2 |
| 13 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 13 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05470 M |
| 14 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 85. T/M2 | SG2= -412. T/M2 |
| 14 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 7. T/M2 | SG2= -376. T/M2 |
| 14 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 |
| 14 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05146 M |
| 15 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 68. T/M2 | SG2= -391. T/M2 |
| 15 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 20. T/M2 | SG2= -389. T/M2 |
| 15 | SEG. CAR. PER. | SG1= 7. T/M2 | SG2= -376. T/M2 |
| 15 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = | 0.05229 M |

16 SEG. SOL. MAX. SG1= 34. T/M2 SG2= -352. T/M2
16 SEG. SOL. MIN. SG1= 61. T/M2 SG2= -428. T/M2
16 SEG. CAR. PER. SG1= 44. T/M2 SG2= -411. T/M2
16 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05858 M
17 SEG. SOL. MAX. SG1= 10. T/M2 SG2= -389. T/M2
17 SEG. SOL. MIN. SG1= 192. T/M2 SG2= -622. T/M2
17 SEG. CAR. PER. SG1= 176. T/M2 SG2= -607. T/M2
17 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04618 M
18 SEG. SOL. MAX. SG1= 5. T/M2 SG2= -380. T/M2
18 SEG. SOL. MIN. SG1= 115. T/M2 SG2= -548. T/M2
18 SEG. CAR. PER. SG1= 105. T/M2 SG2= -538. T/M2
18 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06495 M
19 SEG. SOL. MAX. SG1= 68. T/M2 SG2= -440. T/M2
19 SEG. SOL. MIN. SG1= 35. T/M2 SG2= -471. T/M2
19 SEG. CAR. PER. SG1= 31. T/M2 SG2= -467. T/M2
19 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04186 M
20 SEG. SOL. MAX. SG1= 196. T/M2 SG2= -562. T/M2
20 SEG. SOL. MIN. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
20 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
20 TAUU= 512. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
21 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 306. T/M2 SG2=-666. T/M2
21 SEG. SOL. MIN. SG1= 51. T/M2 SG2= -490. T/M2
21 SEG. CAR. PER. SG1= 52. T/M2 SG2= -491. T/M2
21 TAUU= 625. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
22 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 367. T/M2 SG2=-727. T/M2
22 SEG. SOL. MIN. SG1= 69. T/M2 SG2= -508. T/M2
22 SEG. CAR. PER. SG1= 74. T/M2 SG2= -513. T/M2
22 TAUU= 714. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
23 SEG. SOL. MAX. SG1= 242. T/M2 SG2= -595. T/M2
23 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -444. T/M2
23 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
23 TAUU= 574. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
24 SEG. SOL. MAX. SG1= 117. T/M2 SG2= -463. T/M2
24 SEG. SOL. MIN. SG1= 21. T/M2 SG2= -458. T/M2
24 SEG. CAR. PER. SG1= 16. T/M2 SG2= -452. T/M2
24 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03521 M
25 SEG. SOL. MAX. SG1= 68. T/M2 SG2= -406. T/M2
25 SEG. SOL. MIN. SG1= 125. T/M2 SG2= -560. T/M2
25 SEG. CAR. PER. SG1= 105. T/M2 SG2= -540. T/M2
25 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04696 M
26 SEG. SOL. MAX. SG1= 74. T/M2 SG2= -409. T/M2
26 SEG. SOL. MIN. SG1= 97. T/M2 SG2= -533. T/M2
26 SEG. CAR. PER. SG1= 72. T/M2 SG2= -509. T/M2
26 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04994 M
27 SEG. SOL. MAX. SG1= 118. T/M2 SG2= -449. T/M2
27 SEG. SOL. MIN. SG1= 35. T/M2 SG2= -473. T/M2
27 SEG. CAR. PER. SG1= 14. T/M2 SG2= -451. T/M2
27 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04741 M
28 SEG. SOL. MAX. SG1= 75. T/M2 SG2= -402. T/M2
28 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
28 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
28 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04954 M
29 SEG. SOL. MAX. SG1= 74. T/M2 SG2= -397. T/M2
29 SEG. SOL. MIN. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
29 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -441. T/M2
29 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05462 M
30 SEG. SOL. MAX. SG1= 55. T/M2 SG2= -376. T/M2
30 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
30 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
30 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06857 M
31 SEG. SOL. MAX. SG1= 39. T/M2 SG2= -359. T/M2
31 SEG. SOL. MIN. SG1= 8. T/M2 SG2= -447. T/M2
31 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
31 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08741 M

32 SEG. SOL. MAX. SG1= 24. T/M2 SG2= -343. T/M2
32 SEG. SOL. MIN. SG1= 17. T/M2 SG2= -456. T/M2
32 SEG. CAR. PER. SG1= -0. T/M2 SG2= -438. T/M2
32 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.12247 M
33 SEG. SOL. MAX. SG1= 39. T/M2 SG2= -359. T/M2
33 SEG. SOL. MIN. SG1= 8. T/M2 SG2= -447. T/M2
33 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
33 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08892 M
34 SEG. SOL. MAX. SG1= 55. T/M2 SG2= -376. T/M2
34 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
34 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
34 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06857 M
35 SEG. SOL. MAX. SG1= 74. T/M2 SG2= -397. T/M2
35 SEG. SOL. MIN. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
35 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -441. T/M2
35 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05462 M
36 SEG. SOL. MAX. SG1= 75. T/M2 SG2= -402. T/M2
36 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
36 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
36 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04954 M
37 SEG. SOL. MAX. SG1= 118. T/M2 SG2= -449. T/M2
37 SEG. SOL. MIN. SG1= 35. T/M2 SG2= -473. T/M2
37 SEG. CAR. PER. SG1= 14. T/M2 SG2= -451. T/M2
37 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04741 M
38 SEG. SOL. MAX. SG1= 74. T/M2 SG2= -409. T/M2
38 SEG. SOL. MIN. SG1= 97. T/M2 SG2= -533. T/M2
38 SEG. CAR. PER. SG1= 72. T/M2 SG2= -509. T/M2
38 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04994 M
39 SEG. SOL. MAX. SG1= 68. T/M2 SG2= -406. T/M2
39 SEG. SOL. MIN. SG1= 125. T/M2 SG2= -560. T/M2
39 SEG. CAR. PER. SG1= 105. T/M2 SG2= -540. T/M2
39 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04696 M
40 SEG. SOL. MAX. SG1= 117. T/M2 SG2= -463. T/M2
40 SEG. SOL. MIN. SG1= 21. T/M2 SG2= -458. T/M2
40 SEG. CAR. PER. SG1= 16. T/M2 SG2= -452. T/M2
40 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03521 M
41 SEG. SOL. MAX. SG1= 242. T/M2 SG2= -595. T/M2
41 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -444. T/M2
41 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
41 TAUU= 574. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
42 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 367. T/M2 SG2=-727. T/M2
42 SEG. SOL. MIN. SG1= 69. T/M2 SG2= -508. T/M2
42 SEG. CAR. PER. SG1= 74. T/M2 SG2= -513. T/M2
42 TAUU= 714. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
43 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 306. T/M2 SG2=-666. T/M2
43 SEG. SOL. MIN. SG1= 51. T/M2 SG2= -490. T/M2
43 SEG. CAR. PER. SG1= 52. T/M2 SG2= -491. T/M2
43 TAUU= 625. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
44 SEG. SOL. MAX. SG1= 196. T/M2 SG2= -562. T/M2
44 SEG. SOL. MIN. SG1= 2. T/M2 SG2= -440. T/M2
44 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
44 TAUU= 512. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
45 SEG. SOL. MAX. SG1= 68. T/M2 SG2= -440. T/M2
45 SEG. SOL. MIN. SG1= 35. T/M2 SG2= -471. T/M2
45 SEG. CAR. PER. SG1= 31. T/M2 SG2= -467. T/M2
45 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04186 M
46 SEG. SOL. MAX. SG1= 5. T/M2 SG2= -380. T/M2
46 SEG. SOL. MIN. SG1= 115. T/M2 SG2= -548. T/M2
46 SEG. CAR. PER. SG1= 105. T/M2 SG2= -536. T/M2
46 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06495 M

47 SEG. SOL. MAX. SGI= 10. T/M2 SG2= -389. T/M2
47 SEG. SOL. MIN. SGI= 192. T/M2 SG2= -622. T/M2
47 SEG. CAR. PER. SGI= 176. T/M2 SG2= -607. T/M2
47 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04618 M
48 SEG. SOL. MAX. SGI= 34. T/M2 SG2= -352. T/M2
48 SEG. SOL. MIN. SGI= 61. T/M2 SG2= -428. T/M2
48 SEG. CAR. PER. SGI= 44. T/M2 SG2= -411. T/M2
48 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05858 M
49 SEG. SOL. MAX. SGI= 68. T/M2 SG2= -391. T/M2
49 SEG. SOL. MIN. SGI= 20. T/M2 SG2= -389. T/M2
49 SEG. CAR. PER. SGI= 7. T/M2 SG2= -376. T/M2
49 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05229 M
50 SEG. SOL. MAX. SGI= 85. T/M2 SG2= -412. T/M2
50 SEG. SOL. MIN. SGI= 7. T/M2 SG2= -376. T/M2
50 SEG. CAR. PER. SGI= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
50 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05146 M
51 SEG. SOL. MAX. SGI= 84. T/M2 SG2= -414. T/M2
51 SEG. SOL. MIN. SGI= 5. T/M2 SG2= -374. T/M2
51 SEG. CAR. PER. SGI= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
51 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05470 M
52 SEG. SOL. MAX. SGI= 76. T/M2 SG2= -408. T/M2
52 SEG. SOL. MIN. SGI= 5. T/M2 SG2= -375. T/M2
52 SEG. CAR. PER. SGI= 0. T/M2 SG2= -370. T/M2
52 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06000 M
53 SEG. SOL. MAX. SGI= 65. T/M2 SG2= -398. T/M2
53 SEG. SOL. MIN. SGI= 8. T/M2 SG2= -378. T/M2
53 SEG. CAR. PER. SGI= 1. T/M2 SG2= -370. T/M2
53 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06823 M
54 SEG. SOL. MAX. SGI= 51. T/M2 SG2= -385. T/M2
54 SEG. SOL. MIN. SGI= 14. T/M2 SG2= -384. T/M2
54 SEG. CAR. PER. SGI= 0. T/M2 SG2= -370. T/M2
54 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08064 M
55 SEG. SOL. MAX. SGI= 37. T/M2 SG2= -373. T/M2
55 SEG. SOL. MIN. SGI= 23. T/M2 SG2= -392. T/M2
55 SEG. CAR. PER. SGI= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
55 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09936 M
56 SEG. SOL. MAX. SGI= 25. T/M2 SG2= -361. T/M2
56 SEG. SOL. MIN. SGI= 34. T/M2 SG2= -404. T/M2
56 SEG. CAR. PER. SGI= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
56 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10614 M
57 SEG. SOL. MAX. SGI= 43. T/M2 SG2= -381. T/M2
57 SEG. SOL. MIN. SGI= 19. T/M2 SG2= -389. T/M2
57 SEG. CAR. PER. SGI= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
57 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09484 M
58 SEG. SOL. MAX. SGI= 27. T/M2 SG2= -368. T/M2
58 SEG. SOL. MIN. SGI= 37. T/M2 SG2= -406. T/M2
58 SEG. CAR. PER. SGI= 7. T/M2 SG2= -376. T/M2
58 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10127 M
59 SEG. SOL. MAX. SGI= 0. T/M2 SG2= -347. T/M2
59 SEG. SOL. MIN. SGI= 111. T/M2 SG2= -478. T/M2
59 SEG. CAR. PER. SGI= 69. T/M2 SG2= -437. T/M2
59 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06747 M
60 SEG. SOL. MAX. SGI= 0. T/M2 SG2= -307. T/M2
60 SEG. SOL. MIN. SGI= 130. T/M2 SG2= -450. T/M2
60 SEG. CAR. PER. SGI= 91. T/M2 SG2= -412. T/M2
60 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06497 M
61 SEG. SOL. MAX. SGI= 18. T/M2 SG2= -284. T/M2
61 SEG. SOL. MIN. SGI= 78. T/M2 SG2= -353. T/M2
61 SEG. CAR. PER. SGI= 50. T/M2 SG2= -325. T/M2
61 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08570 M
62 SEG. SOL. MAX. SGI= 86. T/M2 SG2= -311. T/M2
62 SEG. SOL. MIN. SGI= 34. T/M2 SG2= -264. T/M2
62 SEG. CAR. PER. SGI= 14. T/M2 SG2= -243. T/M2
62 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05419 M
63 SEG. SOL. MAX. SGI= 52. T/M2 SG2= -280. T/M2
63 SEG. SOL. MIN. SGI= 73. T/M2 SG2= -301. T/M2
63 SEG. CAR. PER. SGI= 51. T/M2 SG2= -279. T/M2
63 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05779 M

5º EXEMPLO

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DA SECAO

| | |
|-----------------------------|----------------|
| MOMENTO DE INERCIA | =0.10654157 M4 |
| ALTURA DO C.G. | =0.4861 M |
| MODULO DE RESIST. WL | = 0.219167 M3 |
| MODULO DE RESIST. W2L | =0.257421 M3 |
| DISTANCIA NUCLEAR KL | =0.2530 M |
| DISTANCIA NUCLEAR K2L | 0.2972 M |
| AREA DA SECAO | =0.865999 M2 |
| MDM. ESTATICO ACIMA DO C.G. | =0.14364367 M3 |

FORÇAS DE PROTENSÃO EM CADA CABO-TCN.

| SEC. | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.2 | 39.2 | 39.2 | 38.7 | 39.5 |
| 3 | 0.0 | 0.0 | 40.0 | 38.6 | 38.6 | 38.6 | 37.8 | 39.1 |
| 4 | 0.0 | 40.0 | 37.9 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 37.5 | 38.9 |
| 5 | 40.0 | 36.8 | 36.0 | 37.7 | 37.7 | 37.7 | 37.4 | 38.8 |
| 6 | 37.6 | 34.8 | 34.8 | 37.4 | 37.5 | 37.5 | 37.4 | 38.7 |
| 7 | 36.0 | 34.2 | 34.2 | 37.2 | 37.4 | 37.4 | 37.3 | 38.6 |
| 8 | 35.5 | 33.9 | 34.1 | 37.0 | 37.4 | 37.4 | 37.2 | 38.5 |
| 9 | 35.3 | 33.7 | 34.0 | 37.0 | 37.3 | 37.3 | 37.1 | 38.5 |
| 10 | 35.0 | 33.4 | 34.0 | 36.9 | 37.2 | 37.2 | 37.0 | 38.4 |
| 11 | 34.7 | 33.0 | 33.7 | 36.7 | 37.1 | 37.1 | 37.0 | 38.3 |
| 12 | 34.5 | 32.7 | 33.4 | 36.2 | 37.0 | 37.0 | 36.9 | 38.2 |
| 13 | 34.2 | 32.5 | 32.8 | 35.7 | 36.8 | 36.8 | 36.8 | 38.1 |
| 14 | 33.9 | 32.3 | 32.4 | 35.2 | 36.4 | 36.4 | 36.5 | 37.9 |
| 15 | 33.6 | 32.0 | 32.2 | 35.0 | 35.8 | 35.8 | 36.0 | 37.2 |
| 16 | 33.4 | 31.7 | 32.0 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 35.0 | 36.2 |
| 17 | 33.3 | 31.4 | 31.5 | 34.2 | 34.5 | 34.5 | 34.3 | 35.8 |
| 18 | 33.3 | 31.2 | 31.0 | 33.7 | 33.9 | 33.9 | 34.2 | 35.4 |
| 19 | 33.2 | 31.1 | 30.7 | 33.3 | 33.8 | 33.8 | 33.5 | 35.1 |
| 20 | 33.1 | 31.1 | 30.5 | 33.1 | 33.2 | 33.2 | 32.7 | 33.8 |
| 21 | 33.0 | 30.9 | 30.4 | 33.0 | 32.7 | 32.7 | 31.8 | 32.8 |
| 22 | 32.8 | 30.7 | 30.2 | 32.8 | 32.3 | 32.3 | 31.2 | 32.0 |
| 23 | 32.4 | 30.4 | 29.8 | 32.4 | 31.6 | 31.6 | 30.6 | 31.2 |
| 24 | 31.9 | 29.9 | 29.3 | 31.9 | 30.7 | 30.7 | 30.2 | 31.0 |
| 25 | 31.4 | 29.1 | 28.5 | 31.0 | 30.5 | 30.5 | 29.8 | 30.3 |
| 26 | 31.3 | 29.0 | 28.4 | 30.9 | 29.7 | 29.7 | 29.2 | 29.6 |
| 27 | 30.8 | 28.0 | 27.5 | 29.9 | 29.1 | 29.1 | 28.7 | 29.3 |
| 28 | 30.3 | 27.5 | 27.0 | 29.3 | 28.7 | 28.7 | 28.4 | 29.2 |
| 29 | 29.9 | 27.3 | 26.8 | 29.1 | 28.6 | 28.6 | 28.3 | 29.1 |
| 30 | 29.7 | 27.2 | 26.7 | 29.0 | 28.5 | 28.5 | 28.2 | 28.9 |
| 31 | 29.6 | 27.1 | 26.6 | 28.9 | 28.4 | 28.4 | 28.1 | 28.8 |
| 32 | 29.7 | 27.2 | 26.7 | 29.0 | 28.5 | 28.5 | 28.2 | 28.9 |
| 33 | 29.9 | 27.3 | 26.8 | 29.1 | 28.6 | 28.6 | 28.3 | 29.1 |
| 34 | 30.3 | 27.5 | 27.0 | 29.3 | 28.7 | 28.7 | 28.4 | 29.2 |
| 35 | 30.8 | 28.0 | 27.5 | 29.9 | 29.1 | 29.1 | 28.7 | 29.3 |
| 36 | 31.3 | 29.0 | 28.4 | 30.9 | 29.7 | 29.7 | 29.2 | 29.6 |
| 37 | 31.4 | 29.1 | 28.5 | 31.0 | 30.5 | 30.5 | 29.8 | 30.3 |
| 38 | 31.9 | 29.9 | 29.3 | 31.9 | 30.7 | 30.7 | 30.2 | 31.0 |
| 39 | 32.4 | 30.4 | 29.8 | 32.4 | 31.6 | 31.6 | 30.6 | 31.2 |
| 40 | 32.8 | 30.7 | 30.2 | 32.8 | 32.3 | 32.3 | 31.2 | 32.0 |
| 41 | 33.0 | 30.9 | 30.4 | 33.0 | 32.7 | 32.7 | 31.8 | 32.8 |
| 42 | 33.1 | 31.1 | 30.5 | 33.1 | 33.2 | 33.2 | 32.7 | 33.8 |
| 43 | 33.2 | 31.1 | 30.7 | 33.3 | 33.8 | 33.8 | 33.5 | 35.1 |
| 44 | 33.3 | 31.2 | 31.0 | 33.7 | 33.9 | 33.9 | 34.2 | 35.4 |
| 45 | 33.3 | 31.4 | 31.5 | 34.2 | 34.5 | 34.5 | 34.3 | 35.8 |
| 46 | 33.4 | 31.7 | 32.0 | 34.8 | 34.8 | 34.8 | 35.0 | 36.2 |
| 47 | 33.6 | 32.0 | 32.2 | 35.0 | 35.8 | 35.8 | 36.0 | 37.2 |
| 48 | 33.9 | 32.3 | 32.4 | 35.2 | 36.4 | 36.4 | 36.5 | 37.9 |
| 49 | 34.2 | 32.5 | 32.8 | 35.7 | 36.8 | 36.8 | 36.8 | 38.1 |
| 50 | 34.5 | 32.7 | 33.4 | 36.2 | 37.0 | 37.0 | 36.9 | 38.2 |
| 51 | 34.7 | 33.0 | 33.7 | 36.7 | 37.1 | 37.1 | 37.0 | 38.3 |
| 52 | 35.0 | 33.4 | 34.0 | 36.9 | 37.2 | 37.2 | 37.0 | 38.4 |
| 53 | 35.3 | 33.7 | 34.0 | 37.0 | 37.3 | 37.3 | 37.1 | 38.5 |
| 54 | 35.5 | 33.9 | 34.1 | 37.0 | 37.4 | 37.4 | 37.2 | 38.5 |
| 55 | 36.0 | 34.2 | 34.2 | 37.2 | 37.4 | 37.4 | 37.3 | 38.6 |
| 56 | 37.6 | 34.8 | 34.8 | 37.4 | 37.5 | 37.5 | 37.4 | 38.7 |
| 57 | 39.9 | 36.8 | 36.0 | 37.7 | 37.7 | 37.7 | 37.4 | 38.8 |
| 58 | 0.0 | 39.9 | 37.9 | 38.1 | 38.1 | 38.1 | 37.5 | 38.9 |
| 59 | 0.0 | 0.0 | 39.9 | 38.6 | 38.6 | 38.6 | 37.8 | 39.1 |
| 60 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.2 | 39.2 | 39.2 | 38.7 | 39.5 |
| 61 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.9 | 39.9 | 39.9 | 39.9 | 39.9 |

| SEC. | C9 | C10 |
|------|------|------|
| 1 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 0.0 | 0.0 |
| 4 | 0.0 | 0.0 |
| 5 | 0.0 | 0.0 |
| 6 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 0.0 | 0.0 |
| 8 | 0.0 | 0.0 |
| 9 | 0.0 | 0.0 |
| 10 | 0.0 | 0.0 |
| 11 | 0.0 | 0.0 |
| 12 | 0.0 | 0.0 |
| 13 | 0.0 | 0.0 |
| 14 | 0.0 | 0.0 |
| 15 | 0.0 | 0.0 |
| 16 | 0.0 | 0.0 |
| 17 | 30.0 | 30.0 |
| 18 | 28.6 | 28.6 |
| 19 | 27.0 | 27.0 |
| 20 | 25.8 | 25.8 |
| 21 | 25.0 | 25.0 |
| 22 | 24.3 | 24.3 |
| 23 | 23.9 | 23.9 |
| 24 | 23.5 | 23.5 |
| 25 | 22.9 | 22.9 |
| 26 | 22.5 | 22.5 |
| 27 | 22.4 | 22.4 |
| 28 | 22.3 | 22.3 |
| 29 | 22.3 | 22.3 |
| 30 | 22.2 | 22.2 |
| 31 | 22.1 | 22.1 |
| 32 | 22.2 | 22.2 |
| 33 | 22.3 | 22.3 |
| 34 | 22.3 | 22.3 |
| 35 | 22.4 | 22.4 |
| 36 | 22.5 | 22.5 |
| 37 | 22.9 | 22.9 |
| 38 | 23.5 | 23.5 |
| 39 | 23.9 | 23.9 |
| 40 | 24.3 | 24.3 |
| 41 | 25.0 | 25.0 |
| 42 | 25.8 | 25.8 |
| 43 | 27.0 | 27.0 |
| 44 | 28.6 | 28.6 |
| 45 | 29.9 | 29.9 |
| 46 | 0.0 | 0.0 |
| 47 | 0.0 | 0.0 |
| 48 | 0.0 | 0.0 |
| 49 | 0.0 | 0.0 |
| 50 | 0.0 | 0.0 |
| 51 | 0.0 | 0.0 |
| 52 | 0.0 | 0.0 |
| 53 | 0.0 | 0.0 |
| 54 | 0.0 | 0.0 |
| 55 | 0.0 | 0.0 |
| 56 | 0.0 | 0.0 |
| 57 | 0.0 | 0.0 |
| 58 | 0.0 | 0.0 |
| 59 | 0.0 | 0.0 |
| 60 | 0.0 | 0.0 |
| 61 | 0.0 | 0.0 |

MOMENTOS DEVIDOS A PROTENSAO-TM

| SEC | HIPER | NUCLEARES | | MG | 1.2MP | |
|-----|-------|-----------|-------|--------|-------|--------|
| | | SUP | INF | | (+) | (-) |
| 1 | 0.0 | -67.4 | 42.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 1.1 | -84.7 | 23.1 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 3 | 2.3 | -87.1 | 40.9 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 4 | 3.5 | -96.7 | 51.2 | 16.8 | 61.0 | 17.7 |
| 5 | 4.7 | -109.7 | 56.7 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 6 | 5.9 | -121.6 | 41.2 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 7 | 7.1 | -124.5 | 36.5 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 8 | 8.3 | -124.1 | 36.2 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 9 | 9.5 | -123.8 | 36.0 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 10 | 10.7 | -122.6 | 36.6 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 11 | 11.9 | -120.1 | 38.3 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 12 | 13.1 | -114.3 | 43.2 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 13 | 14.3 | -106.4 | 49.9 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 14 | 15.5 | -94.2 | 60.5 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 15 | 16.7 | -79.3 | 73.5 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 16 | 17.9 | -58.0 | 92.2 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 17 | 19.1 | -73.9 | 107.6 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 18 | 20.3 | -35.4 | 142.9 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 19 | 21.5 | -3.5 | 171.9 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 20 | 22.7 | 9.1 | 181.1 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 21 | 23.9 | 12.1 | 181.4 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 22 | 23.9 | 2.0 | 169.0 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 23 | 23.9 | -21.7 | 142.3 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 24 | 23.9 | -63.4 | 97.8 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 25 | 23.9 | -107.3 | 50.6 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 26 | 23.9 | -148.0 | 7.8 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 27 | 23.9 | -166.5 | -13.7 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 28 | 23.9 | -169.2 | -18.3 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 29 | 23.9 | -169.9 | -19.8 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 30 | 23.9 | -169.2 | -19.8 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 31 | 23.9 | -168.6 | -19.7 | 80.7 | 151.7 | -23.4 |
| 32 | 23.9 | -169.2 | -19.8 | 76.0 | 146.6 | -25.0 |
| 33 | 23.9 | -169.9 | -19.8 | 73.0 | 141.5 | -27.0 |
| 34 | 23.9 | -169.2 | -18.3 | 61.6 | 124.7 | -28.8 |
| 35 | 23.9 | -166.5 | -13.7 | 50.1 | 108.0 | -30.7 |
| 36 | 23.9 | -148.0 | 7.8 | 31.1 | 85.8 | -33.0 |
| 37 | 23.9 | -107.3 | 50.6 | 12.0 | 63.7 | -35.4 |
| 38 | 23.9 | -63.4 | 97.8 | -14.6 | 43.6 | -46.3 |
| 39 | 23.9 | -21.7 | 142.3 | -41.4 | 23.5 | -57.3 |
| 40 | 23.9 | 2.0 | 169.0 | -75.7 | 19.3 | -98.0 |
| 41 | 23.9 | 12.1 | 181.4 | -110.0 | 15.0 | -138.8 |
| 42 | 22.7 | 9.1 | 181.1 | -92.5 | 17.2 | -123.0 |
| 43 | 21.5 | -3.5 | 171.9 | -75.0 | 19.3 | -107.2 |
| 44 | 20.3 | -35.4 | 142.9 | -60.1 | 34.7 | -101.0 |
| 45 | 19.1 | -73.9 | 107.6 | -45.3 | 50.0 | -94.8 |
| 46 | 17.9 | -58.0 | 92.2 | -33.1 | 64.2 | -88.9 |
| 47 | 16.7 | -79.3 | 73.5 | -20.9 | 78.5 | -83.0 |
| 48 | 15.5 | -94.2 | 60.5 | -11.4 | 88.2 | -77.0 |
| 49 | 14.3 | -106.4 | 49.9 | -1.9 | 97.9 | -71.1 |
| 50 | 13.1 | -114.3 | 43.2 | 4.9 | 102.8 | -65.2 |
| 51 | 11.9 | -120.1 | 38.3 | 11.7 | 107.8 | -59.3 |
| 52 | 10.7 | -122.6 | 36.6 | 15.9 | 107.7 | -53.3 |
| 53 | 9.5 | -123.8 | 36.0 | 20.0 | 107.5 | -47.4 |
| 54 | 8.3 | -124.1 | 36.2 | 21.5 | 101.8 | -41.5 |
| 55 | 7.1 | -124.5 | 36.5 | 23.0 | 96.1 | -35.5 |
| 56 | 5.9 | -121.6 | 41.2 | 21.9 | 86.7 | -29.6 |
| 57 | 4.7 | -109.7 | 56.7 | 20.7 | 77.4 | -23.7 |
| 58 | 3.5 | -96.7 | 51.2 | 16.8 | 61.0 | -17.7 |
| 59 | 2.3 | -87.1 | 40.9 | 13.0 | 44.6 | -11.8 |
| 60 | 1.1 | -84.7 | 23.1 | 6.5 | 22.3 | -5.9 |
| 61 | 0.0 | -67.4 | 42.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM A
PROTENSAD E A CARGA PERMANENTE

SECAO BO.INF. BO.SUP.

VERIFICACAO DAS TENSOES CALCULADAS COM AS
CARGAS DE PROTENSAD, PERMANENTE E METADE DA MOVEL

| SECAO | BO.INF. | BO.SUP. | |
|-------|---------|---------|----------|
| 30 | 18. | -596. | INSEGURO |
| 31 | 54. | -624. | INSEGURO |
| 32 | 18. | -596. | INSEGURO |

SECAO BO.INF. BO.SUP.

TENSÕES NAS BORDAS EM CADA SECAO-T/M2

VERIFICADAS SEGUNDO P-NB-116 ITENS 3.1.2.E3.1.3.

TBICP=TENSAO NA BORDA INF. COM 1,2MP(+)
TBSCP=TENSAO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(+)
TBICN= TENSAO NA BORDA INF. COM 1,2MP(-)
TBSCN=TENSAO NA BORDA SUP. COM 1,2MP(-)

| SECAO | TBICP | TBSCP | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -307. | -165. | SEGURO |
| 2 | -249. | -206. | SEGURO |
| 3 | -123. | -392. | SEGURO |
| 4 | -69. | -515. | SEGURO |
| 5 | -31. | -620. | SEGURO |
| 6 | -31. | -605. | SEGURO |
| 7 | 8. | -632. | SEGURO |
| 8 | 34. | -652. | SEGURO |
| 9 | 60. | -673. | SEGURO |
| 10 | 53. | -664. | SEGURO |
| 11 | 52. | -660. | SEGURO |
| 12 | 30. | -637. | SEGURO |
| 13 | 17. | -622. | SEGURO |
| 14 | -8. | -593. | SEGURO |
| 15 | -23. | -574. | SEGURO |
| 16 | -40. | -548. | SEGURO |
| 17 | -228. | -510. | SEGURO |
| 18 | -185. | -535. | SEGURO |
| 19 | -172. | -535. | SEGURO |
| 20 | -198. | -499. | SEGURO |
| 21 | -268. | -428. | SEGURO |
| 22 | -138. | -530. | SEGURO |
| 23 | -71. | -576. | SEGURO |
| 24 | -48. | -585. | SEGURO |
| 25 | -35. | -584. | SEGURO |
| 26 | -32. | -577. | SEGURO |
| 27 | 70. | -653. | SEGURO |
| 28 | 187. | -745. | SEGURO |
| 29 | 313. | -849. | SEGURO |
| 30 | 353. | -881. | SEGURO |
| 31 | 400. | -919. | SEGURO |
| 32 | 353. | -881. | SEGURO |
| 33 | 313. | -849. | SEGURO |
| 34 | 187. | -745. | SEGURO |
| 35 | 70. | -653. | SEGURO |
| 36 | -32. | -577. | SEGURO |
| 37 | -35. | -584. | SEGURO |
| 38 | -48. | -585. | SEGURO |
| 39 | -71. | -576. | SEGURO |
| 40 | -138. | -530. | SEGURO |
| 41 | -268. | -428. | SEGURO |
| 42 | -198. | -499. | SEGURO |
| 43 | -172. | -535. | SEGURO |
| 44 | -185. | -535. | SEGURO |
| 45 | -228. | -510. | SEGURO |
| 46 | -40. | -548. | SEGURO |
| 47 | -23. | -574. | SEGURO |
| 48 | -8. | -593. | SEGURO |
| 49 | 17. | -622. | SEGURO |
| 50 | 30. | -637. | SEGURO |
| 51 | 52. | -660. | SEGURO |
| 52 | 53. | -664. | SEGURO |
| 53 | 60. | -673. | SEGURO |
| 54 | 34. | -652. | SEGURO |
| 55 | 8. | -632. | SEGURO |
| 56 | -31. | -605. | SEGURO |
| 57 | -31. | -620. | SEGURO |
| 58 | -69. | -515. | SEGURO |
| 59 | -123. | -392. | SEGURO |
| 60 | -249. | -206. | SEGURO |
| 61 | -307. | -165. | SEGURO |

| SECAO | TBICN | TBSCN | |
|-------|-------|-------|--------|
| 1 | -307. | -165. | SEGURO |
| 2 | -378. | -95. | SEGURO |
| 3 | -381. | -173. | SEGURO |
| 4 | -266. | -347. | SEGURO |
| 5 | -492. | -227. | SEGURO |
| 6 | -563. | -153. | SEGURO |
| 7 | -592. | -121. | SEGURO |
| 8 | -619. | -95. | SEGURO |
| 9 | -646. | -70. | SEGURO |
| 10 | -681. | -38. | SEGURO |
| 11 | -710. | -10. | SEGURO |
| 12 | -736. | 15. | SEGURO |
| 13 | -753. | 34. | SEGURO |
| 14 | -763. | 48. | SEGURO |
| 15 | -760. | 53. | SEGURO |
| 16 | -740. | 46. | SEGURO |
| 17 | -889. | 52. | SEGURO |
| 18 | -804. | -7. | SEGURO |
| 19 | -750. | -43. | SEGURO |
| 20 | -838. | 45. | SEGURO |
| 21 | -970. | 168. | SEGURO |
| 22 | -674. | -74. | SEGURO |
| 23 | -440. | -262. | SEGURO |
| 24 | -458. | -235. | SEGURO |
| 25 | -487. | -198. | SEGURO |
| 26 | -575. | -115. | SEGURO |
| 27 | -562. | -115. | SEGURO |
| 28 | -513. | -148. | SEGURO |
| 29 | -456. | -194. | SEGURO |
| 30 | -430. | -214. | SEGURO |
| 31 | -398. | -238. | SEGURO |
| 32 | -430. | -214. | SEGURO |
| 33 | -456. | -194. | SEGURO |
| 34 | -513. | -148. | SEGURO |
| 35 | -562. | -115. | SEGURO |
| 36 | -575. | -115. | SEGURO |
| 37 | -487. | -198. | SEGURO |
| 38 | -458. | -235. | SEGURO |
| 39 | -440. | -262. | SEGURO |
| 40 | -674. | -74. | SEGURO |
| 41 | -970. | 168. | SEGURO |
| 42 | -838. | 45. | SEGURO |
| 43 | -750. | -43. | SEGURO |
| 44 | -804. | -7. | SEGURO |
| 45 | -889. | 52. | SEGURO |
| 46 | -740. | 46. | SEGURO |
| 47 | -760. | 53. | SEGURO |
| 48 | -763. | 48. | SEGURO |
| 49 | -753. | 34. | SEGURO |
| 50 | -736. | 15. | SEGURO |
| 51 | -710. | -10. | SEGURO |
| 52 | -681. | -38. | SEGURO |
| 53 | -646. | -70. | SEGURO |
| 54 | -619. | -95. | SEGURO |
| 55 | -592. | -121. | SEGURO |
| 56 | -563. | -153. | SEGURO |
| 57 | -492. | -227. | SEGURO |
| 58 | -429. | -209. | SEGURO |
| 59 | -381. | -173. | SEGURO |
| 60 | -378. | -95. | SEGURO |
| 61 | -307. | -165. | SEGURO |

FORÇAS CORTANTES-TON.

CPSP=CORTANTE DA PROTENSAO SEM PERDAS
 CPCP=CORTANTE DA PROTENSAO COM PERDAS

| SEC. | CPSP | CPCP | MAX. | MIN. | QG | QP(+) | QP(-) |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | -30.4 | -30.4 | 48.9 | 6.4 | 11.0 | 31.6 | -3.8 |
| 2 | -19.0 | -18.6 | 43.6 | 3.2 | 9.1 | 28.7 | -4.9 |
| 3 | -28.1 | -27.7 | 38.4 | 1.2 | 7.3 | 25.9 | -5.0 |
| 4 | -36.6 | -35.7 | 33.7 | -2.0 | 5.4 | 23.6 | -6.2 |
| 5 | -31.6 | -30.0 | 29.1 | -5.3 | 3.5 | 21.3 | -7.3 |
| 6 | -10.7 | -9.6 | 24.8 | -9.2 | 1.6 | 19.3 | -9.1 |
| 7 | -1.1 | -0.8 | 20.5 | -13.2 | -0.2 | 17.2 | -10.8 |
| 8 | 1.6 | 1.6 | -17.2 | 16.3 | -2.1 | 15.4 | -12.6 |
| 9 | 2.3 | 2.2 | -21.3 | 12.2 | -3.9 | 13.5 | -14.4 |
| 10 | 4.0 | 3.7 | -25.5 | 8.3 | -5.8 | 11.8 | -16.3 |
| 11 | 7.7 | 6.8 | -29.6 | 4.4 | -7.7 | 10.1 | -18.2 |
| 12 | 11.9 | 10.3 | -33.9 | 0.7 | -9.6 | 8.6 | -20.2 |
| 13 | 16.8 | 14.5 | -38.1 | -2.8 | -11.5 | 7.2 | -22.2 |
| 14 | 21.9 | 19.0 | -42.5 | -6.3 | -13.4 | 5.9 | -24.3 |
| 15 | 28.4 | 24.8 | -46.9 | -9.7 | -15.2 | 4.6 | -26.4 |
| 16 | 39.6 | 34.5 | -51.1 | -12.9 | -17.1 | 3.5 | -28.3 |
| 17 | 67.3 | 62.4 | -55.3 | -16.1 | -19.0 | 2.3 | -30.2 |
| 18 | 52.2 | 47.1 | -59.6 | -18.8 | -20.9 | 1.7 | -32.2 |
| 19 | 35.9 | 31.5 | -63.9 | -21.5 | -22.8 | 1.0 | -34.2 |
| 20 | 14.3 | 12.2 | -68.1 | -23.8 | -24.6 | 0.7 | -36.2 |
| 21 | -0.8 | -0.4 | -72.4 | -26.1 | -26.5 | 0.3 | -38.2 |
| 22 | -3.0 | -2.5 | 82.2 | 30.6 | 31.8 | 42.0 | -0.9 |
| 23 | -17.8 | -14.3 | 74.9 | 27.0 | 28.6 | 38.5 | -1.3 |
| 24 | -35.0 | -27.5 | 67.5 | 23.2 | 25.4 | 35.1 | -1.7 |
| 25 | -47.1 | -36.3 | 61.1 | 18.9 | 22.2 | 32.4 | -2.7 |
| 26 | -48.2 | -36.3 | 54.7 | 14.6 | 19.0 | 29.7 | -3.7 |
| 27 | -35.6 | -26.5 | 48.3 | 9.5 | 15.9 | 27.0 | -5.2 |
| 28 | -14.8 | -10.7 | 41.9 | 4.5 | 12.7 | 24.3 | -6.8 |
| 29 | -3.5 | -2.5 | 35.0 | -0.7 | 9.5 | 21.2 | -8.6 |
| 30 | -0.9 | -0.6 | 28.0 | -6.0 | 6.3 | 18.1 | -10.3 |
| 31 | -0.0 | -0.0 | 22.6 | -11.7 | 3.1 | 16.2 | -12.4 |
| 32 | -0.0 | -0.0 | -17.3 | 17.2 | 0.0 | 14.3 | -14.5 |
| 33 | -0.0 | -0.0 | -22.6 | 11.7 | -3.1 | 12.4 | -16.2 |
| 34 | 0.9 | 0.6 | -28.0 | 6.0 | -6.3 | 10.3 | -18.1 |
| 35 | 3.5 | 2.5 | -35.0 | 0.7 | -9.5 | 8.6 | -21.2 |
| 36 | 14.8 | 10.7 | -41.9 | -4.5 | -12.7 | 6.8 | -24.3 |
| 37 | 35.6 | 26.5 | -48.3 | -9.5 | -15.9 | 5.2 | -27.0 |
| 38 | 48.2 | 36.3 | -54.7 | -14.6 | -19.0 | 3.7 | -29.7 |
| 39 | 47.1 | 36.3 | -61.1 | -18.9 | -22.2 | 2.7 | -32.4 |
| 40 | 35.0 | 27.5 | -67.5 | -23.2 | -25.4 | 1.7 | -35.1 |
| 41 | 17.8 | 14.3 | -74.9 | -27.0 | -28.6 | 1.3 | -38.5 |
| 42 | 3.0 | 2.5 | -82.2 | -30.6 | -31.8 | 0.9 | -42.0 |
| 43 | 0.8 | 0.4 | 72.4 | 26.1 | 26.5 | 38.2 | -0.3 |
| 44 | -14.3 | -12.2 | 68.1 | 23.8 | 24.6 | 36.2 | -0.7 |
| 45 | -35.9 | -31.5 | 63.9 | 21.5 | 22.8 | 34.2 | -1.0 |
| 46 | -52.2 | -47.1 | 59.6 | 18.8 | 20.9 | 32.2 | -1.7 |
| 47 | -67.3 | -62.4 | 55.3 | 16.1 | 19.0 | 30.2 | -2.3 |
| 48 | -39.6 | -34.5 | 51.1 | 12.9 | 17.1 | 28.3 | -3.5 |
| 49 | -28.4 | -24.8 | 46.9 | 9.7 | 15.2 | 26.4 | -4.6 |
| 50 | -21.9 | -19.0 | 42.5 | 6.3 | 13.4 | 24.3 | -5.9 |
| 51 | -16.8 | -14.5 | 38.1 | 2.8 | 11.5 | 22.2 | -7.2 |
| 52 | -11.9 | -10.3 | 33.9 | -0.7 | 9.6 | 20.2 | -8.6 |
| 53 | -7.7 | -6.8 | 29.6 | -4.4 | 7.7 | 18.2 | -10.1 |
| 54 | -4.0 | -3.7 | 25.5 | -8.3 | 5.8 | 16.3 | -11.8 |
| 55 | -2.3 | -2.2 | 21.3 | -12.2 | 3.9 | 14.4 | -13.5 |
| 56 | -1.6 | -1.6 | 17.2 | -16.3 | 2.1 | 12.6 | -15.4 |
| 57 | 1.1 | 0.8 | -20.5 | 13.2 | 0.2 | 10.8 | -17.2 |
| 58 | 10.7 | 9.6 | -24.8 | 9.2 | -1.6 | 9.1 | -19.3 |
| 59 | 31.6 | 30.0 | -29.1 | 5.3 | -3.5 | 7.3 | -21.3 |
| 60 | 36.6 | 35.7 | -33.7 | 2.0 | -5.4 | 6.2 | -23.6 |
| 61 | 28.1 | 27.7 | -38.4 | -1.2 | -7.3 | 5.0 | -25.9 |
| 62 | 19.0 | 18.6 | -43.6 | -3.2 | -9.1 | 4.9 | -28.7 |
| 63 | 30.4 | 30.4 | -48.9 | -6.4 | -11.0 | 3.8 | -31.6 |

VERIFICACAO A FISSURACAO E ARMADURA SUPLEMENTAR

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

- 9 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 10 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.4 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 11 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.0 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 27 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 28 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 29 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 30 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 31 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 32 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 33 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 34 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 35 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 51 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.0 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 52 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 1.4 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM
- 53 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 3.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 1.26 CM

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(+)

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAD | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 186.9 | 48.7 | SEGURO |
| 3 | 201.9 | 97.5 | SEGURO |
| 4 | 227.5 | 132.1 | SEGURO |
| 5 | 259.5 | 166.7 | SEGURO |
| 6 | 281.8 | 185.2 | SEGURO |
| 7 | 288.3 | 203.8 | SEGURO |
| 8 | 288.3 | 212.0 | SEGURO |
| 9 | 288.3 | 220.2 | SEGURO |
| 10 | 286.7 | 214.7 | SEGURO |
| 11 | 282.8 | 209.3 | SEGURO |
| 12 | 272.8 | 191.0 | SEGURO |
| 13 | 259.2 | 172.6 | SEGURO |
| 14 | 237.9 | 142.1 | SEGURO |
| 15 | 212.3 | 111.6 | SEGURO |
| 16 | 264.7 | 69.3 | SEGURO |
| 17 | 309.8 | 26.9 | SEGURO |
| 18 | 385.5 | -21.7 | SEGURO |
| 19 | 449.2 | -70.3 | SEGURO |
| 20 | 474.4 | -101.6 | SEGURO |
| 21 | 480.6 | -132.8 | SEGURO |
| 22 | 457.3 | -69.2 | SEGURO |
| 23 | 401.6 | -5.5 | SEGURO |
| 24 | 307.2 | 71.6 | SEGURO |
| 25 | 336.0 | 148.9 | SEGURO |
| 26 | 428.5 | 216.9 | SEGURO |
| 27 | 475.7 | 284.9 | SEGURO |
| 28 | 486.1 | 331.5 | SEGURO |
| 29 | 489.6 | 378.1 | SEGURO |
| 30 | 489.6 | 391.4 | SEGURO |
| 31 | 489.6 | 407.5 | SEGURO |
| 32 | 489.6 | 391.4 | SEGURO |
| 33 | 489.6 | 378.1 | SEGURO |
| 34 | 486.1 | 331.5 | SEGURO |
| 35 | 475.7 | 284.9 | SEGURO |
| 36 | 428.5 | 216.9 | SEGURO |
| 37 | 336.0 | 148.9 | SEGURO |
| 38 | 307.2 | 71.6 | SEGURO |
| 39 | 401.6 | -5.5 | SEGURO |
| 40 | 457.3 | -69.2 | SEGURO |
| 41 | 480.6 | -132.8 | SEGURO |
| 42 | 474.4 | -101.6 | SEGURO |
| 43 | 449.2 | -70.3 | SEGURO |
| 44 | 385.5 | -21.7 | SEGURO |
| 45 | 309.8 | 26.9 | SEGURO |
| 46 | 264.7 | 69.3 | SEGURO |
| 47 | 212.3 | 111.6 | SEGURO |
| 48 | 237.9 | 142.1 | SEGURO |
| 49 | 259.2 | 172.6 | SEGURO |
| 50 | 272.8 | 191.0 | SEGURO |
| 51 | 282.8 | 209.3 | SEGURO |
| 52 | 286.7 | 214.7 | SEGURO |
| 53 | 288.3 | 220.2 | SEGURO |
| 54 | 288.3 | 212.0 | SEGURO |
| 55 | 288.3 | 203.8 | SEGURO |
| 56 | 281.8 | 185.2 | SEGURO |
| 57 | 259.5 | 166.7 | SEGURO |
| 58 | 227.5 | 132.1 | SEGURO |
| 59 | 201.9 | 97.5 | SEGURO |
| 60 | 186.9 | 48.7 | SEGURO |
| 61 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |

PARA A BORDA INFERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

PARA A BORDA SUPERIOR DA SECAO COM 1.2MP(-)

- 14 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 2.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.47 CM
- 15 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 16 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 21 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 41 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 46 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 47 ARMADURA PROTENSAO SUFICIENTE QUANTO RESISTENCIA E FISSURACAO
- 48 NEC. ARM. SUPL. P/ABS. TRACAO AREA = 2.3 CM2
NAO FISSURA COM DIAMETRO = 0.47 CM

VERIFICACAO A RUPTURA POR FLEXAO

MRA=MOMENTO RESISTENTE
MRC=MOMENTO SOLICITANTE

| SECAO | MRA | MRC | |
|-------|-------|--------|--------|
| 1 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |
| 2 | 186.9 | 48.7 | SEGURO |
| 3 | 201.9 | 97.5 | SEGURO |
| 4 | 227.5 | 132.1 | SEGURO |
| 5 | 259.5 | 166.7 | SEGURO |
| 6 | 281.8 | 185.2 | SEGURO |
| 7 | 288.3 | 203.8 | SEGURO |
| 8 | 288.3 | 212.0 | SEGURO |
| 9 | 288.3 | 220.2 | SEGURO |
| 10 | 286.7 | 214.7 | SEGURO |
| 11 | 282.8 | 209.3 | SEGURO |
| 12 | 272.8 | 191.0 | SEGURO |
| 13 | 259.2 | 172.6 | SEGURO |
| 14 | 240.3 | 142.1 | SEGURO |
| 15 | 212.3 | 111.6 | SEGURO |
| 16 | 264.7 | 69.3 | SEGURO |
| 17 | 309.8 | 26.9 | SEGURO |
| 18 | 385.5 | -21.7 | SEGURO |
| 19 | 449.2 | -70.3 | SEGURO |
| 20 | 474.4 | -101.6 | SEGURO |
| 21 | 480.6 | -132.8 | SEGURO |
| 22 | 457.3 | -69.2 | SEGURO |
| 23 | 401.6 | -5.5 | SEGURO |
| 24 | 307.2 | 71.6 | SEGURO |
| 25 | 336.0 | 148.9 | SEGURO |
| 26 | 428.5 | 216.9 | SEGURO |
| 27 | 475.7 | 284.9 | SEGURO |
| 28 | 486.1 | 331.5 | SEGURO |
| 29 | 489.6 | 378.1 | SEGURO |
| 30 | 489.6 | 391.4 | SEGURO |
| 31 | 489.6 | 407.5 | SEGURO |
| 32 | 489.6 | 391.4 | SEGURO |
| 33 | 489.6 | 378.1 | SEGURO |
| 34 | 486.1 | 331.5 | SEGURO |
| 35 | 475.7 | 284.9 | SEGURO |
| 36 | 428.5 | 216.9 | SEGURO |
| 37 | 336.0 | 148.9 | SEGURO |
| 38 | 307.2 | 71.6 | SEGURO |
| 39 | 401.6 | -5.5 | SEGURO |
| 40 | 457.3 | -69.2 | SEGURO |
| 41 | 480.6 | -132.8 | SEGURO |
| 42 | 474.4 | -101.6 | SEGURO |
| 43 | 449.2 | -70.3 | SEGURO |
| 44 | 385.5 | -21.7 | SEGURO |
| 45 | 309.8 | 26.9 | SEGURO |
| 46 | 264.7 | 69.3 | SEGURO |
| 47 | 212.3 | 111.6 | SEGURO |
| 48 | 240.3 | 142.1 | SEGURO |
| 49 | 259.2 | 172.6 | SEGURO |
| 50 | 272.8 | 191.0 | SEGURO |
| 51 | 282.8 | 209.3 | SEGURO |
| 52 | 286.7 | 214.7 | SEGURO |
| 53 | 288.3 | 220.2 | SEGURO |
| 54 | 288.3 | 212.0 | SEGURO |
| 55 | 288.3 | 203.8 | SEGURO |
| 56 | 281.8 | 185.2 | SEGURO |
| 57 | 259.5 | 166.7 | SEGURO |
| 58 | 227.5 | 132.1 | SEGURO |
| 59 | 201.9 | 97.5 | SEGURO |
| 60 | 186.9 | 48.7 | SEGURO |
| 61 | 156.2 | 0.0 | SEGURO |

VERIFICACAO QUANTO A FORCA CORTANTE

SG1=TENSAO PRINC. DE TRACAO

SG2=TENSAO PRINC. DE COMPR.

SECAO

| | | | | |
|----|----------------------|--------------------------------|-----------------|--|
| 1 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 49. T/M2 | SG2= -277. T/M2 | |
| 1 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 76. T/M2 | SG2= -304. T/M2 | |
| 1 | SEG. CAR. PER. | SG1= 54. T/M2 | SG2= -281. T/M2 | |
| 1 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05860 M | | |
| 2 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 82. T/M2 | SG2= -307. T/M2 | |
| 2 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 37. T/M2 | SG2= -267. T/M2 | |
| 2 | SEG. CAR. PER. | SG1= 15. T/M2 | SG2= -245. T/M2 | |
| 2 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05490 M | | |
| 3 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 16. T/M2 | SG2= -283. T/M2 | |
| 3 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 82. T/M2 | SG2= -356. T/M2 | |
| 3 | SEG. CAR. PER. | SG1= 53. T/M2 | SG2= -328. T/M2 | |
| 3 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08751 M | | |
| 4 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -308. T/M2 | |
| 4 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 133. T/M2 | SG2= -453. T/M2 | |
| 4 | SEG. CAR. PER. | SG1= 95. T/M2 | SG2= -415. T/M2 | |
| 4 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06386 M | | |
| 5 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -347. T/M2 | |
| 5 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 114. T/M2 | SG2= -482. T/M2 | |
| 5 | SEG. CAR. PER. | SG1= 72. T/M2 | SG2= -440. T/M2 | |
| 5 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06627 M | | |
| 6 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 25. T/M2 | SG2= -366. T/M2 | |
| 6 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 39. T/M2 | SG2= -408. T/M2 | |
| 6 | SEG. CAR. PER. | SG1= 8. T/M2 | SG2= -378. T/M2 | |
| 6 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10380 M | | |
| 7 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 41. T/M2 | SG2= -379. T/M2 | |
| 7 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 21. T/M2 | SG2= -390. T/M2 | |
| 7 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 7 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09706 M | | |
| 8 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 27. T/M2 | SG2= -363. T/M2 | |
| 8 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 32. T/M2 | SG2= -402. T/M2 | |
| 8 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 8 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10923 M | | |
| 9 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 39. T/M2 | SG2= -374. T/M2 | |
| 9 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 22. T/M2 | SG2= -391. T/M2 | |
| 9 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 9 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09793 M | | |
| 10 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 49. T/M2 | SG2= -384. T/M2 | |
| 10 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 16. T/M2 | SG2= -385. T/M2 | |
| 10 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 10 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08144 M | | |
| 11 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 54. T/M2 | SG2= -397. T/M2 | |
| 11 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 15. T/M2 | SG2= -384. T/M2 | |
| 11 | SEG. CAR. PER. | SG1= -0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 11 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07283 M | | |
| 12 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 57. T/M2 | SG2= -388. T/M2 | |
| 12 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 16. T/M2 | SG2= -386. T/M2 | |
| 12 | SEG. CAR. PER. | SG1= 0. T/M2 | SG2= -369. T/M2 | |
| 12 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06646 M | | |
| 13 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 58. T/M2 | SG2= -385. T/M2 | |
| 13 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 20. T/M2 | SG2= -389. T/M2 | |
| 13 | SEG. CAR. PER. | SG1= 3. T/M2 | SG2= -372. T/M2 | |
| 13 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06203 M | | |
| 14 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 58. T/M2 | SG2= -382. T/M2 | |
| 14 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 25. T/M2 | SG2= -394. T/M2 | |
| 14 | SEG. CAR. PER. | SG1= 7. T/M2 | SG2= -376. T/M2 | |
| 14 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05816 M | | |
| 15 | SEG. SOL. MAX. | SG1= 53. T/M2 | SG2= -372. T/M2 | |
| 15 | SEG. SOL. MIN. | SG1= 34. T/M2 | SG2= -403. T/M2 | |
| 15 | SEG. CAR. PER. | SG1= 18. T/M2 | SG2= -386. T/M2 | |
| 15 | ESTRIBOS DE 3/8 POL. | ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05622 M | | |

16 SEG. SOL. MAX. SG1= 32. T/M2 SG2= -345. T/M2
16 SEG. SOL. MIN. SG1= 66. T/M2 SG2= -433. T/M2
16 SEG. CAR. PER. SG1= 49. T/M2 SG2= -416. T/M2
16 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05960 M
17 SEG. SOL. MAX. SG1= 5. T/M2 SG2= -379. T/M2
17 SEG. SOL. MIN. SG1= 175. T/M2 SG2= -605. T/M2
17 SEG. CAR. PER. SG1= 160. T/M2 SG2= -590. T/M2
17 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04917 M
18 SEG. SOL. MAX. SG1= 16. T/M2 SG2= -386. T/M2
18 SEG. SOL. MIN. SG1= 86. T/M2 SG2= -520. T/M2
18 SEG. CAR. PER. SG1= 77. T/M2 SG2= -511. T/M2
18 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05794 M
19 SEG. SOL. MAX. SG1= 92. T/M2 SG2= -459. T/M2
19 SEG. SOL. MIN. SG1= 18. T/M2 SG2= -455. T/M2
19 SEG. CAR. PER. SG1= 15. T/M2 SG2= -452. T/M2
19 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03873 M
20 SEG. SOL. MAX. SG1= 218. T/M2 SG2= -579. T/M2
20 SEG. SOL. MIN. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
20 SEG. CAR. PER. SG1= 9. T/M2 SG2= -448. T/M2
20 TAUU= 531. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
21 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 318. T/M2 SG2=-673. T/M2
21 SEG. SOL. MIN. SG1= 59. T/M2 SG2= -497. T/M2
21 SEG. CAR. PER. SG1= 60. T/M2 SG2= -499. T/M2
21 TAUU= 637. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
22 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 359. T/M2 SG2=-715. T/M2
22 SEG. SOL. MIN. SG1= 61. T/M2 SG2= -500. T/M2
22 SEG. CAR. PER. SG1= 66. T/M2 SG2= -504. T/M2
22 TAUU= 705. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
23 SEG. SOL. MAX. SG1= 248. T/M2 SG2= -598. T/M2
23 SEG. SOL. MIN. SG1= 7. T/M2 SG2= -445. T/M2
23 SEG. CAR. PER. SG1= 10. T/M2 SG2= -448. T/M2
23 TAUU= 579. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
24 SEG. SOL. MAX. SG1= 135. T/M2 SG2= -478. T/M2
24 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -449. T/M2
24 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -445. T/M2
24 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03375 M
25 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -398. T/M2
25 SEG. SOL. MIN. SG1= 64. T/M2 SG2= -499. T/M2
25 SEG. CAR. PER. SG1= 51. T/M2 SG2= -486. T/M2
25 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04479 M
26 SEG. SOL. MAX. SG1= 56. T/M2 SG2= -385. T/M2
26 SEG. SOL. MIN. SG1= 129. T/M2 SG2= -564. T/M2
26 SEG. CAR. PER. SG1= 102. T/M2 SG2= -537. T/M2
26 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05324 M
27 SEG. SOL. MAX. SG1= 76. T/M2 SG2= -401. T/M2
27 SEG. SOL. MIN. SG1= 84. T/M2 SG2= -521. T/M2
27 SEG. CAR. PER. SG1= 51. T/M2 SG2= -488. T/M2
27 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05413 M
28 SEG. SOL. MAX. SG1= 69. T/M2 SG2= -389. T/M2
28 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -445. T/M2
28 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
28 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05139 M
29 SEG. SOL. MAX. SG1= 74. T/M2 SG2= -391. T/M2
29 SEG. SOL. MIN. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
29 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -441. T/M2
29 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05493 M
30 SEG. SOL. MAX. SG1= 56. T/M2 SG2= -371. T/M2
30 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
30 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
30 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06846 M
31 SEG. SOL. MAX. SG1= 40. T/M2 SG2= -353. T/M2
31 SEG. SOL. MIN. SG1= 8. T/M2 SG2= -447. T/M2
31 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
31 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08733 M

32 SEG. SOL. MAX. SG1= 24. T/M2 SG2= -337. T/M2
32 SEG. SOL. MIN. SG1= 17. T/M2 SG2= -456. T/M2
32 SEG. CAR. PER. SG1= -0. T/M2 SG2= -438. T/M2
32 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.12231 M
33 SEG. SOL. MAX. SG1= 40. T/M2 SG2= -353. T/M2
33 SEG. SOL. MIN. SG1= 8. T/M2 SG2= -447. T/M2
33 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -439. T/M2
33 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08892 M
34 SEG. SOL. MAX. SG1= 56. T/M2 SG2= -371. T/M2
34 SEG. SOL. MIN. SG1= 3. T/M2 SG2= -441. T/M2
34 SEG. CAR. PER. SG1= 1. T/M2 SG2= -440. T/M2
34 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06846 M
35 SEG. SOL. MAX. SG1= 74. T/M2 SG2= -391. T/M2
35 SEG. SOL. MIN. SG1= 1. T/M2 SG2= -439. T/M2
35 SEG. CAR. PER. SG1= 2. T/M2 SG2= -441. T/M2
35 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05493 M
36 SEG. SOL. MAX. SG1= 69. T/M2 SG2= -389. T/M2
36 SEG. SOL. MIN. SG1= 6. T/M2 SG2= -445. T/M2
36 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -438. T/M2
36 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05139 M
37 SEG. SOL. MAX. SG1= 76. T/M2 SG2= -401. T/M2
37 SEG. SOL. MIN. SG1= 84. T/M2 SG2= -521. T/M2
37 SEG. CAR. PER. SG1= 51. T/M2 SG2= -488. T/M2
37 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05413 M
38 SEG. SOL. MAX. SG1= 56. T/M2 SG2= -385. T/M2
38 SEG. SOL. MIN. SG1= 129. T/M2 SG2= -564. T/M2
38 SEG. CAR. PER. SG1= 102. T/M2 SG2= -537. T/M2
38 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05324 M
39 SEG. SOL. MAX. SG1= 62. T/M2 SG2= -398. T/M2
39 SEG. SOL. MIN. SG1= 64. T/M2 SG2= -499. T/M2
39 SEG. CAR. PER. SG1= 51. T/M2 SG2= -486. T/M2
39 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04479 M
40 SEG. SOL. MAX. SG1= 135. T/M2 SG2= -478. T/M2
40 SEG. SOL. MIN. SG1= 12. T/M2 SG2= -449. T/M2
40 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -445. T/M2
40 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03375 M
41 SEG. SOL. MAX. SG1= 248. T/M2 SG2= -598. T/M2
41 SEG. SOL. MIN. SG1= 7. T/M2 SG2= -445. T/M2
41 SEG. CAR. PER. SG1= 10. T/M2 SG2= -448. T/M2
41 TAUU= 579. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
42 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 359. T/M2 SG2=-715. T/M2
42 SEG. SOL. MIN. SG1= 61. T/M2 SG2= -500. T/M2
42 SEG. CAR. PER. SG1= 66. T/M2 SG2= -504. T/M2
42 TAUU= 705. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
43 NAO SEG. SOL. MAX. SG1= 318. T/M2 SG2=-673. T/M2
43 SEG. SOL. MIN. SG1= 59. T/M2 SG2= -497. T/M2
43 SEG. CAR. PER. SG1= 60. T/M2 SG2= -499. T/M2
43 TAUU= 637. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
44 SEG. SOL. MAX. SG1= 218. T/M2 SG2= -579. T/M2
44 SEG. SOL. MIN. SG1= 8. T/M2 SG2= -446. T/M2
44 SEG. CAR. PER. SG1= 9. T/M2 SG2= -448. T/M2
44 TAUU= 531. T/M2 TAUU ULTRAPASSA OS LIMITES
45 SEG. SOL. MAX. SG1= 92. T/M2 SG2= -459. T/M2
45 SEG. SOL. MIN. SG1= 18. T/M2 SG2= -455. T/M2
45 SEG. CAR. PER. SG1= 15. T/M2 SG2= -452. T/M2
45 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.03873 M
46 SEG. SOL. MAX. SG1= 16. T/M2 SG2= -386. T/M2
46 SEG. SOL. MIN. SG1= 86. T/M2 SG2= -520. T/M2
46 SEG. CAR. PER. SG1= 77. T/M2 SG2= -511. T/M2
46 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05794 M
47 SEG. SOL. MAX. SG1= 5. T/M2 SG2= -379. T/M2
47 SEG. SOL. MIN. SG1= 175. T/M2 SG2= -605. T/M2
47 SEG. CAR. PER. SG1= 160. T/M2 SG2= -590. T/M2
47 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.04917 M

48 SEG. SOL. MAX. SG1= 32. T/M2 SG2= -345. T/M2
48 SEG. SOL. MIN. SG1= 66. T/M2 SG2= -433. T/M2
48 SEG. CAR. PER. SG1= 49. T/M2 SG2= -416. T/M2
48 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05960 M
49 SEG. SOL. MAX. SG1= 53. T/M2 SG2= -372. T/M2
49 SEG. SOL. MIN. SG1= 34. T/M2 SG2= -403. T/M2
49 SEG. CAR. PER. SG1= 18. T/M2 SG2= -386. T/M2
49 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05622 M
50 SEG. SOL. MAX. SG1= 58. T/M2 SG2= -382. T/M2
50 SEG. SOL. MIN. SG1= 25. T/M2 SG2= -394. T/M2
50 SEG. CAR. PER. SG1= 7. T/M2 SG2= -376. T/M2
50 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05816 M
51 SEG. SOL. MAX. SG1= 58. T/M2 SG2= -385. T/M2
51 SEG. SOL. MIN. SG1= 20. T/M2 SG2= -389. T/M2
51 SEG. CAR. PER. SG1= 3. T/M2 SG2= -372. T/M2
51 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06203 M
52 SEG. SOL. MAX. SG1= 57. T/M2 SG2= -388. T/M2
52 SEG. SOL. MIN. SG1= 16. T/M2 SG2= -386. T/M2
52 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
52 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06646 M
53 SEG. SOL. MAX. SG1= 54. T/M2 SG2= -387. T/M2
53 SEG. SOL. MIN. SG1= 15. T/M2 SG2= -384. T/M2
53 SEG. CAR. PER. SG1= -0. T/M2 SG2= -369. T/M2
53 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.07283 M
54 SEG. SOL. MAX. SG1= 49. T/M2 SG2= -384. T/M2
54 SEG. SOL. MIN. SG1= 16. T/M2 SG2= -385. T/M2
54 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
54 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08144 M
55 SEG. SOL. MAX. SG1= 39. T/M2 SG2= -374. T/M2
55 SEG. SOL. MIN. SG1= 22. T/M2 SG2= -391. T/M2
55 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
55 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09793 M
56 SEG. SOL. MAX. SG1= 27. T/M2 SG2= -363. T/M2
56 SEG. SOL. MIN. SG1= 32. T/M2 SG2= -402. T/M2
56 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
56 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10923 M
57 SEG. SOL. MAX. SG1= 41. T/M2 SG2= -379. T/M2
57 SEG. SOL. MIN. SG1= 21. T/M2 SG2= -390. T/M2
57 SEG. CAR. PER. SG1= 0. T/M2 SG2= -369. T/M2
57 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.09706 M
58 SEG. SOL. MAX. SG1= 25. T/M2 SG2= -366. T/M2
58 SEG. SOL. MIN. SG1= 39. T/M2 SG2= -408. T/M2
58 SEG. CAR. PER. SG1= 8. T/M2 SG2= -378. T/M2
58 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.10380 M
59 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -347. T/M2
59 SEG. SOL. MIN. SG1= 114. T/M2 SG2= -482. T/M2
59 SEG. CAR. PER. SG1= 72. T/M2 SG2= -440. T/M2
59 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06627 M
60 SEG. SOL. MAX. SG1= 0. T/M2 SG2= -308. T/M2
60 SEG. SOL. MIN. SG1= 133. T/M2 SG2= -453. T/M2
60 SEG. CAR. PER. SG1= 95. T/M2 SG2= -415. T/M2
60 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.06386 M
61 SEG. SOL. MAX. SG1= 16. T/M2 SG2= -283. T/M2
61 SEG. SOL. MIN. SG1= 82. T/M2 SG2= -356. T/M2
61 SEG. CAR. PER. SG1= 53. T/M2 SG2= -328. T/M2
61 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.08751 M
62 SEG. SOL. MAX. SG1= 82. T/M2 SG2= -307. T/M2
62 SEG. SOL. MIN. SG1= 37. T/M2 SG2= -267. T/M2
62 SEG. CAR. PER. SG1= 15. T/M2 SG2= -245. T/M2
62 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05490 M
63 SEG. SOL. MAX. SG1= 49. T/M2 SG2= -277. T/M2
63 SEG. SOL. MIN. SG1= 76. T/M2 SG2= -304. T/M2
63 SEG. CAR. PER. SG1= 54. T/M2 SG2= -281. T/M2
63 ESTRIBOS DE 3/8 POL. ESPACAMENTO MAXIMO = 0.05860 M