

CÁLCULO AUTOMÁTICO DO EFEITO DE VENTO EM ESTRUTURAS
DE EDIFÍCIO

HUMBERTO LIMA SORIANO

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OB-
TENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIA (M.Sc.)

Aprovada por:

Fernando Luiz Il B. Larrievera
Presidente

Domingo Bevilacqua

Sergio Fernando V. Gazzola

RIO DE JANEIRO

ESTADO DA GUANABARA - BRASIL

JUNHO DE 1971

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA

CÁLCULO AUTOMÁTICO DO EFEITO DE VENTO
EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIO

Trabalho apresentado por

HUMBERTO LIMA SORIANO *

Às XV Jornadas Sul-Americanas de
Engenharia Estrutural

COPPE - UFRJ

NOVEMBRO - 1971

* Engenheiro Civil, U.F.M.G. - M.Eng., COPPE, 1971
Professor Assistente da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação
de Engenharia.

À Ana Maria

A G R A D E C I M E N T O S

Ao professor Fernando Luiz L. B. Carneiro, pela orientação e incentivo.

Ao professor Alberto Passos S. Thiago e demais professores da Escola de Engenharia da U.F.M.G., cujos ensinamentos induziram-me ao presente trabalho.

Ao professor Alberto Luiz Coimbra como Coordenador da COPPE.

SINOPSE

O presente trabalho objetiva o desenvolvimento teórico e a apresentação de um programa automático para o cálculo de estruturas carregadas lateralmente.

A estrutura é idealizada como um conjunto de painéis ortogonais interagindo em suas interseções verticais através das lajes supostas como diafragmas. São desprezados os efeitos de interação dos momentos fletores e de torção, bem como as rigidezes transversais dos painéis.

É apresentada a montagem da matriz de rigidez de painel. A combinação conveniente das matrizes dos diversos painéis fornece a matriz de rigidez em faixa da estrutura tridimensional. Faz-se a análise da estrutura carregada calculando-se a distribuição dos esforços nos painéis. Cada painel é analisado isoladamente calculando-se as ações nas extremidades de membro.

O desenvolvimento teórico é feito em forma matricial visando a uma programação com um gasto mínimo de memória. O programa é desenvolvido em um computador IBM 1130 com 32 k de memória interna. É apresentado um fluxograma simplificado do mesmo com explicações que facilite a sua compreensão. Finalmente, a teoria é aplicada na análise de algumas estruturas.

ABSTRACT

The scope of the present paper is the theoretical analysis of spacial frames under lateral loading (wind load) and the preparation of a computer program for evaluating the displacements and the internal forces of the structural members.

The structural model can be described as two groups of mutually orthogonal plane frames interacting with each other through the action of a horizontal rigid slab. At the intersection of these plane frames the interaction between bending and twisting moments are disregarded in this paper and transversal stiffness of the plane frames as well.

The stiffness matrix of each plane frame is deduced. The stiffness matrices of the different plane frames are arranged conveniently and in such a way that the stiffness matrix of the spacial skeleton is of the banded type. The analysis is carried further by investigating the contribution of each plane frame to support the total lateral load. Next the plane frames are analysed separately.

The matricial analysis scheme is used for the investigation of the redundant forces and the computer program is designe in order to optimize storage apace in the computer memory units. An IBM 1130 computer with 32k memory units was used. A commented flow chart for the afore mentioned program is presented.

Finally the theory is applied to some particular problems.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I - IDEALIZAÇÃO ESTRUTURAL	
1.1 - Painéis	6
1.2 - Lajes	9
1.3 - Carregamento	9
1.4 - Funcionamento da estrutura	10
1.5 - Pilares-parede interconectando painéis.....	12
CAPÍTULO II - NUMERAÇÕES GERAIS DA ESTRUTURA E DE SEUS COM- ONENTES	
2.1 - Sistema de referência global	14
2.2 - Numeração dos painéis.....	14
2.3 - Deslocamentos da estrutura	15
2.4 - Numeração dos membros e nós dos painéis.....	17
CAPÍTULO III - ELEMENTO VIGA E COLUNA	
3.1 - Graus de liberdade	21
3.2 - Matriz de rigidez de membro	23
3.3 - Matriz de rigidez de viga com trechos rígidos em suas extremidades	27
CAPÍTULO IV - PAINEL	
4.1 - Graus de liberdade	33

4.2 - Matriz de rigidez de painel	37
4.3 - Matriz de rigidez reduzida	42
4.4 - Considerações sobre os elementos coluna	46
4.5 - Lista de incidência dos painéis	47

CAPÍTULO V - ESTRUTURA

5.1 - Centro de torção	48
5.2 - Matriz de transformação do painel	49
5.3 - Vetores de carga da estrutura	51
5.4 - Matriz de rigidez da estrutura	52
5.5 - Análise dos painéis	54

CAPÍTULO VI - DIAGRAMAS DE BLOCOS SIMPLIFICADOS

6.1 - Convenções adotadas	56
6.2 - Considerações gerais acerca da estruturação da programação automática	57
6.3 - Programa principal - VENTO	59
6.4 - Subrotina TRANS (matriz de transformação de painel) ..	62
6.5 - Subrotina RIGID (matriz de rigidez de painel)	65
6.6 - Subrotina REDUZ (matriz de rigidez reduzida de painel)	69
6.7 - Subrotina RIEST (matriz de rigidez da estrutura)	71
6.8 - Subrotina DIPRO (vetores de carga e deslocamentos da estrutura)	72
6.9 - Subrotina DESPA (análise de painel)	73

CAPÍTULO VII - PROGRAMAÇÃO AUTOMÁTICA EM LINGUAGEM FORTRAN

7.1 - Listagem do programa	75
7.2 - Conclusões acerca da eficiência do programa	99

APÊNDICE

A - Notações utilizadas no desenvolvimento teórico	104
B - Manual de utilização do programa	106
C - Exemplos de análise de estrutura	113
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141

I N T R O D U Ç Ã O

A análise dos efeitos de vento em Estrutura de Edifício tem sido objeto de estudos desde o início do cálculo estrutural. A conceção de estruturas cada vez mais esbeltas e a própria exigência dos tempos modernos de cálculos exatos, têm levado os pesquisadores a formularem as mais diversas hipóteses e métodos de cálculo.

Antes do advento do computador, os calculistas esbaravam na impossibilidade de resolver sistemas de equações com grande número de incógnitas e eram levados a conceções e cálculos bastante simplificados.

Com a recente possibilidade da manipulação de um grande número de dados por processos computacionais, o calculista libertou-se da enfadonha tarefa de efetuar longas e trabalhosas operações. Neste sentido, os métodos matriciais de análise de estruturas reticuladas foram amplamente desenvolvidos por uma particular adaptabilidade no uso de computadores.

O pesquisador pode, assim, dedicar-se a conceções e hipóteses que mais de perto traduzisse o comportamento real das estruturas.

As Estruturas de Edifício embora possam ser consideradas reticuladas, devem ser incluídas em uma categoria especial devido a presença das lajes, que são corpos rígidos conectados dentro das mesmas.

A análise real do problema se faria considerando a laje como um corpo bidimensional inserido dentro da estrutura. No entanto, mesmo com o uso dos mais modernos computadores, esta análise seria por demais trabalhosa. A concepção usualmente aceita é de considerá-la como um corpo infinitamente rígido em seu plano e de rigidez nula à flexão. A esta idealização denomina-se diafragma.

Os autores modernos têm em comum a concepção do diafragma, dividindo-se pela forma de considerar a montagem da estrutura, em dois grupos:

- a) A estrutura discretizada em seus diversos quadros, pórticos ou elementos verticais e sobrepostas as suas rigidezes para simular o funcionamento tridimensional do conjunto.
- b) A estrutura considerada diretamente como tridimensional, particularizada pela introdução dos diafragmas.

Por ordem cronológica destacam-se na primeira classificação os seguintes trabalhos:

- 1) O trabalho apresentado por Clough² aplicável às estruturas de painéis paralelos, posteriormente desenvolvido³ para estruturas de razoável simetria e de painéis ortogonais entre si. O carregamento é particularizado a não produzir rotação na estrutura, considerando dois deslocamentos horizontais de andar, além das deformações axiais das colunas.
- 2) Os trabalhos de Santos⁶ e Winokur⁷ para estruturas assimétricas.

2 - O número como expoente no texto corresponde a ordem de referência bibliográfica.

São considerados três deslocamentos horizontais de andar. Considera-se o efeito de torção das colunas e são desprezadas as suas deformações axiais.

- 3) O trabalho de Stamato e Stafford Smith¹ aplicável a um grande número de estruturas assimétricas. São considerados três deslocamentos horizontais de andar além dos verticais nas interações dos painéis ao nível das diversas lajes.

Na segunda classificação incluem-se:

- 1) O trabalho de Weaver⁵ aplicável a estruturas aporticadas que não tenham pilares-parede. São considerados os efeitos de todos os deslocamentos de nó e todas as rigidezes de seus membros, excetuada é claro, a deformação axial das vigas.
- 2) O método apresentado por Glück⁸ para estruturas assimétricas e elementos verticais não necessariamente prismáticos. São considerados os três deslocamentos horizontais de andar e as rigidezes à torção dos elementos verticais.

A análise mais precisa seria obtida desenvolvendo o trabalho de Weaver⁵ pela consideração do efeito do cortante, pilares-parede, membros de seção transversal variável, aberturas em laje, análise dinâmica, etc.. No entanto, a impossibilidade de análise imediatamente se faria surgir para as limitações dos computadores de pequeno porte.

A opção do desenvolvimento teórico do presente trabalho, recaiu na complementação do trabalho de Stamato e Stafford Smith¹, parti-

cularizado para estruturas de painéis reticulados e ortogonais entre si. O referido trabalho utiliza o método dos deslocamentos. Singulariza-se pelo desenvolvimento em matriz faixa, que permite grande economia em termos de memória interna de computador e tempo de execução.

A apresentação do presente trabalho é feita em três etapas:

- a) Desenvolvimento teórico.
- b) Diagramas de blocos e programação automática.
- c) Exemplos de aplicação e interpretação dos resultados.

O desenvolvimento teórico objetiva a programação automática. Inicia-se pela idealização da estrutura no capítulo I e numerações gerais de seus componentes no capítulo II. É feita a montagem da matriz de rigidez do elemento viga e coluna no capítulo III e a do painel em IV. Em seguida, faz-se em V a montagem da matriz de rigidez em faixa da estrutura, e a complementar análise dos painéis com o cálculo das ações nas extremidades de seus membros.

Os diagramas de blocos são apresentados no Capítulo VI e têm por finalidade possibilitar a compreensão da programação automática em linguagem FORTRAN do capítulo VII.

Este programa, ao que se saiba, é o primeiro publicado no Brasil e virá preencher a lacuna ora existente na automatização do cálculo do efeito de vento em estruturas de edifício. Foi desenvolvido para

o computador IBM 1130 de 32K de memória interna. Apesar da eficiência conseguida, a sua adaptação a computadores maiores ou a um processo interativo, torna-se necessária a fim de resolver os casos das grandes estruturas correntes da prática.

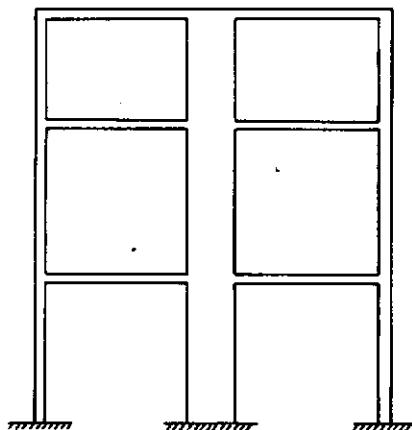
A seguir, o apêndice apresenta as notações utilizadas no desenvolvimento teórico, o manual de utilização do programa, alguns exemplos de aplicação do mesmo e conclusões gerais.

Capítulo I - IDEALIZAÇÃO ESTRUTURAL

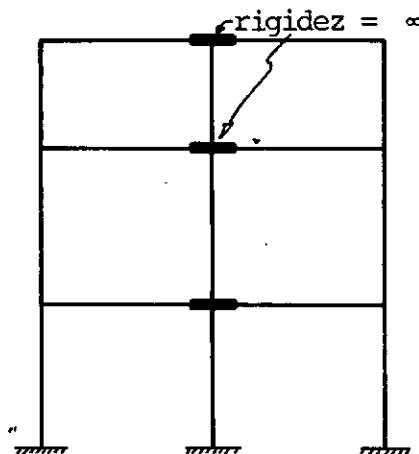
1.1 - Painéis.

1.1.1 - Idealização.

A estrutura é suposta constituída de pórticos planos verticais denominados painéis, compostos de elementos horizontais (vagas) e verticais (colunas ou pilares). Estes painéis são supostos sem rigidez transversal e com uma distribuição retangular de seus elementos como mostrado na figura 1.1.a



(a) - Painel .



(b) - Idealização estrutural.

Fig. 1.1 - Pórtico plano.

A idealização estrutural é obtida considerando-se os di-

versos elementos vigas e colunas com caráter unidimensional. A estes elementos designam-se genericamente membros.

No caso particular da deformação de pilar-parede a sua grande largura em relação ao comprimento, provoca nas extremidades das vigas a ele conectado um deslocamento vertical bem como um de rotação.

Este fenômeno é representado no painel discretizado suspendendo o pilar-parede idealizado em seu eixo vertical, e as referidas vigas adicionadas de um comprimento igual a semi-largura do pilar e de rigidez infinita. A estes acréscimos indeformáveis de viga denominam-se trechos rígidos (fig. 1.1.b e 1.2).

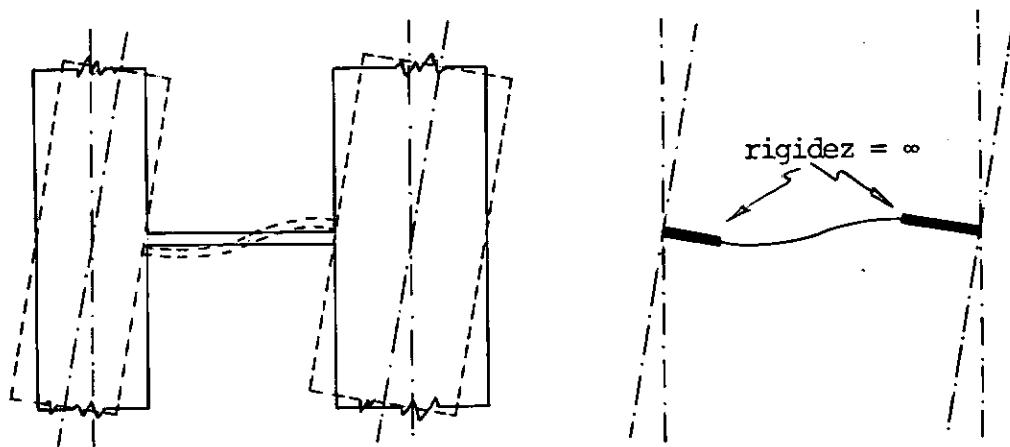


Fig. 1.2 - Efeito da deformação de pilar-parede.

1.1.2 - Rigidez dos membros.

É suposta nula a rigidez à torção de todos os membros.

As deformações axiais são consideradas nos elementos coluna e desprezadas nas

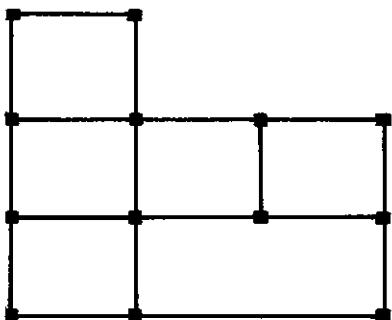
vigas. O efeito do cortante poderá ser considerado onde se faça necessário, e é claro que as deformações por flexão são consideradas em todos os membros.

A quebra da regularidade da distribuição retangular das vigas e colunas pela omissão de alguns membros, pode ser contornada assumindo rigidez nula aos membros omitidos. Este artifício permite analisar um maior número de estruturas pelo presente trabalho.

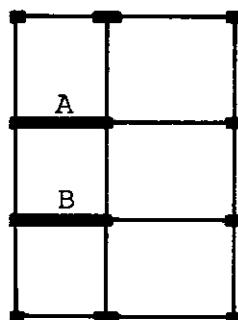
1.1.3 - Disposição em planta

São consideradas estruturas de painéis ortogonais entre si e de eixos principais das seções transversais das colunas coincidentes com os planos dos respectivos painéis (fig. 1.3.a).

Nos casos particulares de pilares-parede interconectando painéis (fig. 1.3.b), pode-se fugir à última restrição. Para tais estruturas o presente trabalho poderá ser aplicado com as hipóteses a serem consideradas no item 1.5.



- (a) Os eixos principais das seções transversais das colunas coincidem com os planos dos respectivos painéis.



- (b) Os pilares-parede A e B interconectam os dois painéis que lhe são perpendiculares.

Fig. 1.3 - Estruturas em planta.

1.2 - Lajes.

As lajes são consideradas como diafragmas de rigidez infinita em seus planos, e de rigidez nula à flexão. São supostas estenderem-se continuamente (sem aberturas) interligando e distribuindo esforços horizontais pelos diversos painéis.

1.3 - Carregamento.

1.3.1 - Carregamento lateral.

A ação de vento ao longo da estrutura é suposta concentrada ao nível de cada laje em um ponto denominado Centro de Torção do andar. Em estruturas simétricas este ponto é coincidente com a interseção dos eixos de simetria e em estruturas assimétricas função da rigidez de seus membros.

Este carregamento lateral é composto nas diversas lajes em duas cargas horizontais com as direções dos painéis e de um momento tor sor (fig. 1.4).

O efeito do momento faz-se presente em estruturas assimétricas devido ao posicionamento assimétrico do centro de torção, e em estruturas simétricas quando sujeitas a uma pressão lateral não uniforme em sua distribuição horizontal.

Seja O_n o centro de torção do n -éximo andar.

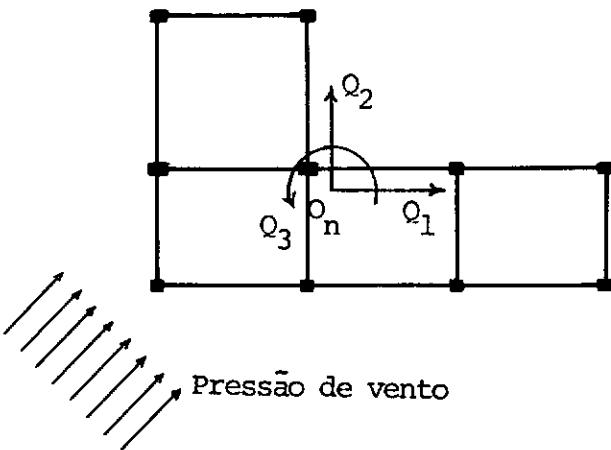


Fig. 1.4 - Ação de vento no n -éximo andar.

1.3.2 - Carregamento Vertical

São consideradas cargas verticais aplicadas ao nível das lajes nas interseções dos painéis.

Este carregamento permite o tratamento de recalques verticais de apoio, pela técnica de transformá-los em ações nas extremidades de membro¹¹. Por este processo os recalques serão substituídos por cargas verticais concentradas acima dos pilares recalados.

1.4 - Funcionamento da Estrutura.

1.4.1 - Simulação tridimensional.

O funcionamento da estrutura como um todo tridimensional é simulado pela interação dos painéis ao longo de suas interseções verticais, e pela indeformabilidade das lajes em seus respectivos planos.

São desprezados os efeitos de interação dos momentos fletores e de torção.

Esta interação é conseguida combinando-se adequadamente as matrizes de rigidez reduzida dos painéis na obtenção da matriz da estrutura tridimensional.

Por esta idealização as lajes distribuem esforços horizontais entre os diversos painéis e estes transmitem entre si cargas verticais concentradas ao nível das mesmas.

1.4.2 - Deslocamentos

As lajes deslocam-se como corpos rígidos em seus planos e os pilares sofrem deslocamentos verticais nas interseções dos painéis. A simplificação introduzida é a da liberação das rotações dos nós nos planos dos painéis.

Sendo Na o número de andares e P o de pilares por andar, seriam os seguintes os graus de liberdade n_{gt} para os seguintes casos:

- a) Estrutura espacial reticulada $n_{gt} = 6.P.Na$
- b) Estrutura espacial com diafragmas $n_{gt} = (3.P + 3)Na$
- c) Idem, com liberações das rotações dos nós nos planos dos painéis $n_{gt} = (P + 3)Na$

A presente idealização permite, pois, a redução de seis deslocamentos por nó em uma estrutura espacial reticulada, para três deslo-

camentos horizontais por andar mais os verticais dos topos das colunas nas interseções dos painéis.

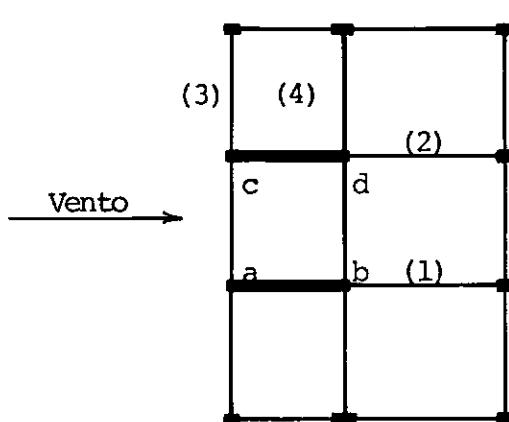
Esta redução dos deslocamentos aliada ao tratamento em faixa da matriz de rigidez da estrutura é que permitirá a análise em computadores de pequeno porte.

1.5 - Pilares-parede interconectando painéis

Uma generalização das estruturas a serem analisadas pelo presente processo é conseguida deixando de impor a compatibilidade dos deslocamentos verticais de determinadas interseções de painéis.

Exemplificando, a análise da estrutura esquematizada em planta na figura 1.3.b poderá ser feita considerando além das anteriores as seguintes hipóteses:

- a) Não interação dos painéis de numeração (3) e (4) com os que lhe são perpendiculares (1) e (2) (fig. 1.5.a).
- b) Substituição dos deslocamentos verticais, da estrutura, relativos aos pontos a, b, c e d das interseções dos painéis, pelos deslocamentos dos centros de gravidade das seções transversais dos pilares-parede (fig. 1.5.b).



(a) - Planta

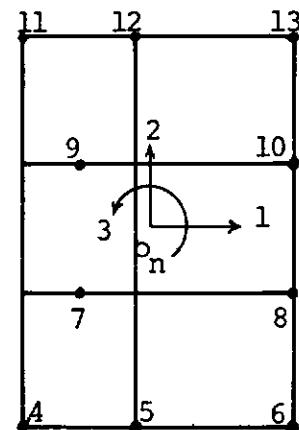
(b) - Deslocamentos por andar.
4 a 13 - deslocamentos
verticais.

Fig. 1.5 - Exemplo de pilares-parede interconectando painéis.

Esta idealização equivale a dar liberações*verticais aos pontos a, b, c e d nos painéis (3) e (4) e considerar a rigidez axial dos pilares-parede para os painéis (1) e (2).

As últimas hipóteses não objetivam o cálculo das ações nas extremidades das vigas dos painéis (3) e (4), e sim permitir a análise dos demais elementos da estrutura.

* O termo liberação, no presente trabalho, significa força nula correspondente a um determinado deslocamento.

Capítulo II - NUMERAÇÕES GERAIS DA ESTRUTURA E DE SEUS COMPONENTES

2.1 - Sistema de Referência Global.

Considera-se a estrutura referida a um sistema de referência triortogonal direto XYZ, de eixos X e Y paralelos aos planos das lajes e coincidentes com as direções dos painéis. Para a origem O situada no andar térreo e no canto inferior esquerdo da estrutura em planta, denomina-se este referencial de Sistema de Referência Global (fig.2.1).

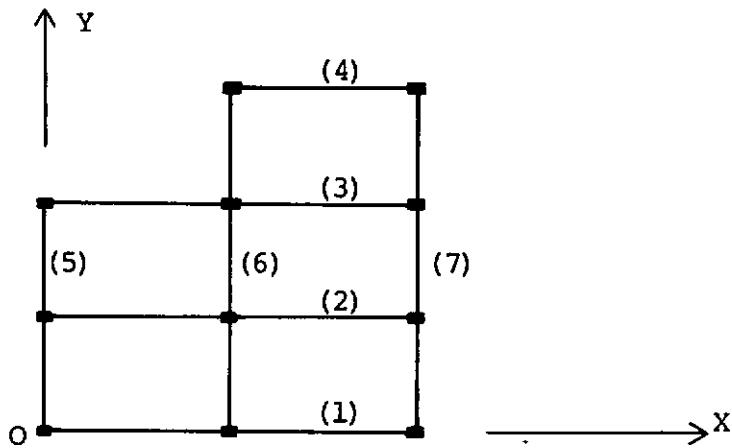


Fig. 2.1 - Orientação da estrutura (visualização em planta).

2.2 - Numeração dos painéis.

Os painéis paralelos ao eixo dos X são denominados Painéis Tipo 1 e os paralelos ao eixo dos Y de Painéis Tipo 2. A numeração dos mesmos faz-se a partir dos de tipo 1 de baixo para cima (visualização

em planta) seguindo-se os de tipo 2 da esquerda para a direita (fig. 2.1).

2.3 - Deslocamentos da Estrutura.

Os deslocamentos da estrutura são considerados positivos quando coincidentes com os sentidos positivos do sistema de referência global.

Sendo as lajes (andares) numeradas de cima para baixo e O_n o centro de torção do n-éximo andar, seja:

D_{n1} - deslocamento de O_n segundo o eixo X.

D_{n2} - deslocamento de O_n segundo o eixo Y.

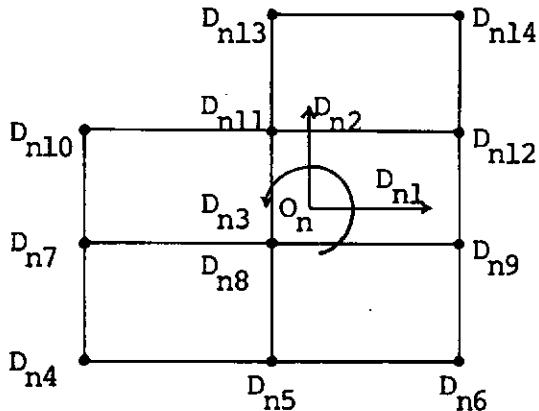
D_{n3} - rotação de O_n no plano da n-éxima laje.

D_{n4} , ..., D_{nj} , ..., $D_{n(I+3)}$ - deslocamentos verticais das I interseções de painéis, a serem consideradas ao nível da n-éima laje.

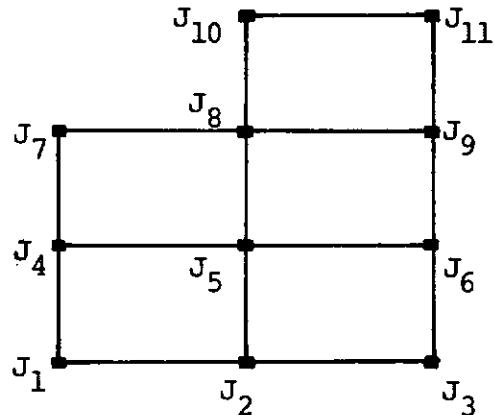
Visando a programação automática os deslocamentos verticais em cada andar são numerados da esquerda para a direita e de baixo para cima numa visualização em planta. De forma análoga faz-se a numeração dos pilares em planta para o fornecimento de suas coordenadas ao programa.

Exemplificando para a estrutura da figura 2.1, os deslocamentos do n-éximo andar são os numerados na fig. 2.2.a e os pilares em

planta na fig. 2.2.b.



(a) - Deslocamentos do n -éximo andar.



(b) - Numeração dos pilares em planta.

Fig. 2.2 - Numeração dos deslocamentos e pilares da estrutura da fig. 2.1.

Seja:

n_g - número dos deslocamentos da estrutura por andar.

Na - número de andares.

n_{gt} - número total dos deslocamentos dos Na andares da estrutura

$$n_{gt} = Na \cdot n_g \quad (2.1)$$

$\{D_n\}$ - matriz-coluna dos n_g deslocamentos do n -éximo andar ordenados segundo os parágrafos anteriores.

$$\{D_n\} = \{D_{n1} \ D_{n2} \ \dots \ D_{n \ ng}\} \quad (2.2)$$

$\{D\}$ - matriz-coluna dos n_{gt} deslocamentos da estrutura, ordenados nos Na vetores $\{D_n\}$ dos deslocamentos de andar, numerados de cima para baixo.

$$\{D\} = \{ \{D_1\} \quad \dots \quad \{D_n\} \quad \dots \quad \{D_{Na}\} \} \quad (2.3)$$

2.4 - Numeração dos membros e nós dos painéis.

2.4.1 - Numeração por "par ordenado".

Cada nó, viga ou coluna de painel é perfeitamente determinado² por um par ordenado de números (n,m) . O primeiro designa o número do andar (numerado de cima para baixo) e o segundo a linha de colunas (numerada da esquerda para a direita).

A visualização do painel é preestabelecida de forma que o eixo X ou Y que lhe é paralelo seja dirigido da esquerda para a direita.

A figura 2.3 exemplifica esta numeração, a qual será utilizada apenas internamente na programação automática e tem a grande vantagem de expressar a topologia do painel.

Seja M o número total de linhas de colunas do painel genérico p.

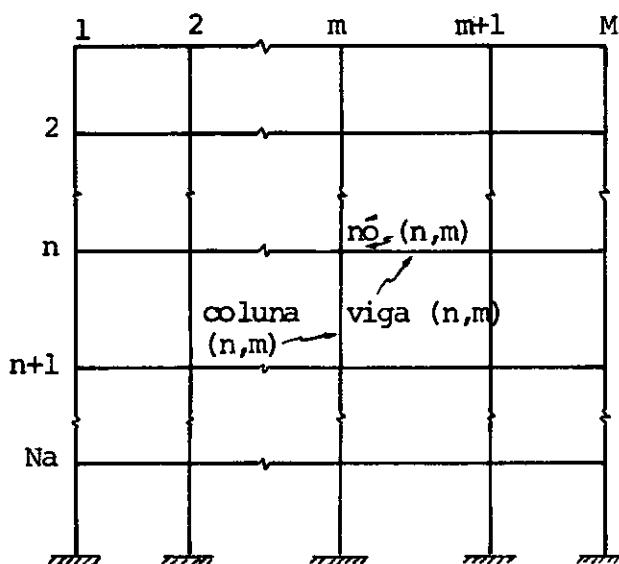


Fig. 2.3 - Numeração dos elementos de painel pelo "par-ordenado".

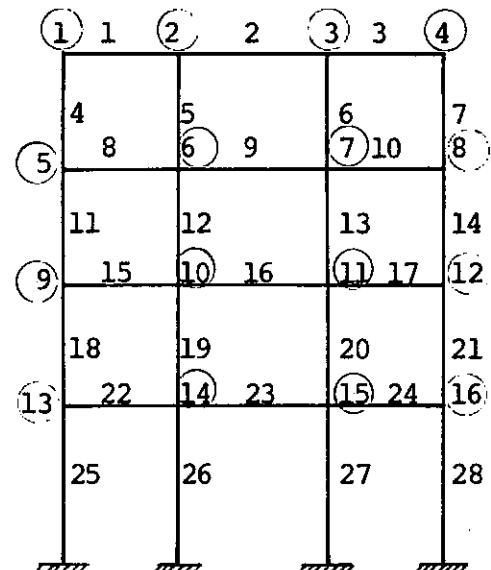


Fig. 2.4 - Ex. de numeração sequencial dos nós e membros de painel.

2.4.2 - Numeração Sequencial.

Faz-se a numeração dos membros e nós dos painéis da esquerda para a direita e de cima para baixo (fig. 2.4).

O fornecimento dos dados à programação automática e a listagem dos resultados serão feitos por esta numeração.

2.4.3 - Relacionamento entre as numerações anteriores.

Equação fornecedora do número da viga em função do par ordenado (n, m):

$$i = (M-1) \cdot (n-1) + (n-1) M + m$$

$$i = 2 \cdot M (n-1) + m - n + 1$$

(2.4)

$$\begin{cases} \underline{m} & \text{variando de 1 até } M-1 \text{ e} \\ \underline{n} & \text{variando de 1 até } Na \end{cases}$$

Idem para o número da coluna:

$$i = (M-1) n + (n-1) M + m$$

$$i = M(2 \cdot n - 1) + m - n$$

(2.5)

$$\begin{cases} \underline{m} & \text{variando de 1 até } M \text{ e} \\ \underline{n} & \text{variando de 1 até } Na \end{cases}$$

Idem para o número do nó:

$$j = (n-1) M + m$$

(2.6)

$$\begin{cases} \underline{m} & \text{variando de 1 até } M \text{ e} \\ \underline{n} & \text{variando de 1 até } Na \end{cases}$$

O número total de membros é obtido fazendo $n = Na$ e $m = M$ na expressão (2.5).

$$n_{el} = M(2 \cdot Na - 1) + M - Na$$

$$n_{el} = 2 \cdot M \cdot Na - Na$$

(2.7)

O número total de nós é obtido fazendo $n = Na$ e $m = M$ na expressão (2.6).

$$j_t = (Na - 1) M + M$$

$$j_t = Na \cdot M$$

(2.8)

Número total de colunas:

$$n_c = M(N_a - 1) \quad (2.9)$$

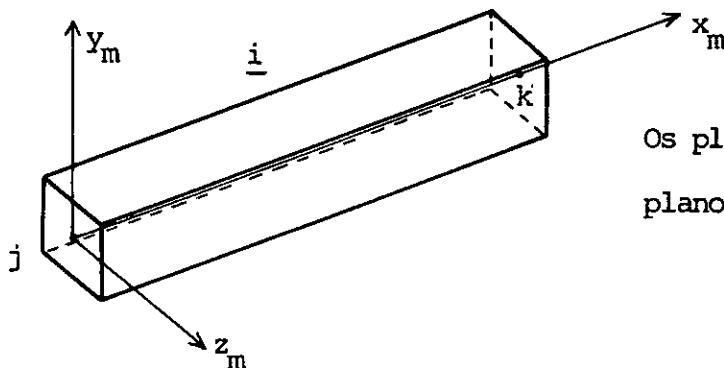
As relações (2.4) a (2.9) serão úteis na montagem automática da matriz de rigidez de painel e na análise das ações nas extremidades de seus membros.

Capítulo III - ELEMENTO VIGA E COLUNA

3.1 - Graus de liberdade.

3.1.1 - Sistema de Referência Local.

A cada membro i define-se um sistema de referência local com origem na extremidade j. O eixo x_m coincide com o eixo do membro, orientado de j para a outra extremidade k. Os eixos y_m e z_m coincidem com os dois eixos principais da seção transversal (fig. 3.1).



Os planos x_m-y_m e x_m-z_m são os planos principais de flexão.

Fig. 3.1 - Sistema de referência de membro.

3.1.2 - Deslocamentos nodais.

Considerando o membro com deslocamentos nodais apenas no plano $x_m - y_m$, são associados a ele os 6 graus de liberdade numerados na figura 3.2.

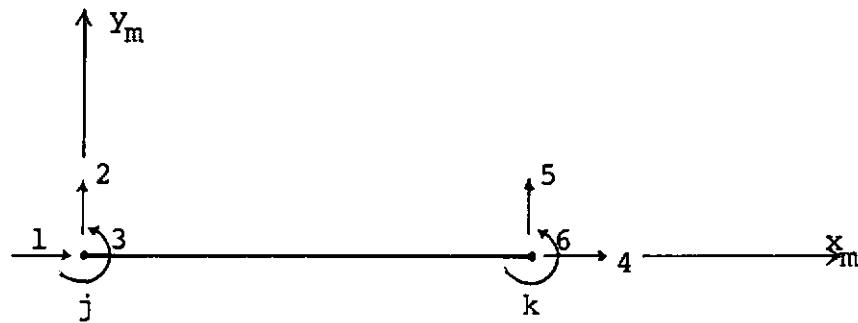


Fig. 3.2 - Elemento viga.

Para o elemento coluna considera-se a orientação de x_m coincidente com a do eixo Z do sistema global (fig. 3.3). Quanto ao elemento viga, considera-se o eixo x_m orientado no sentido dos deslocamentos horizontais positivos dos correspondentes painéis (fig. 3.2).

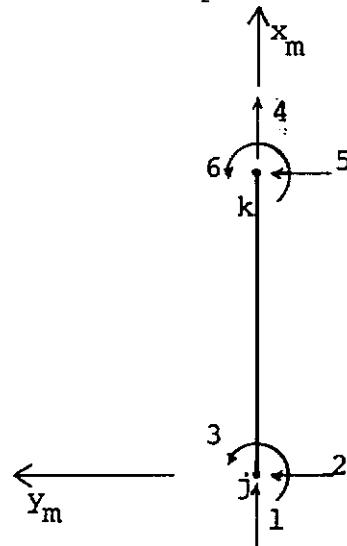


Fig. 3.3 - Elemento coluna.

Pela consideração da laje como diafragma, os elementos

viga não sofrem deformações axiais. Faz-se, no entanto por simplicidade, o desenvolvimento teórico das matrizes das vigas e colunas genericamente para o mesmo número de graus de liberdade.

3.1.3 - Vetor dos deslocamentos nodais de membro.

Para o membro i designa-se por $\{d^i\}$ a matriz coluna dos deslocamentos nodais ordenados segundo o ítem 3.1.2.

$$\{d^i\} = \{d_1^i \quad d_2^i \quad d_3^i \quad d_4^i \quad d_5^i \quad d_6^i\} \quad (3.1)$$

A estes deslocamentos correspondem as ações nas extremidades de membro ordenadas no vetor $\{q^i\}$.

3.2 - Matriz de Rígidez de Membro.

3.2.1 - Coeficiente de Rígidez.

Define-se o coeficiente de rigidez R_{tw}^i do membro i como a força de restrição na direção t, quando imprime-se um deslocamento unitário em w mantendo-se todos os demais nulos.

Os coeficientes de rigidez de membro são encontrados calculando os valores das ações de restrição necessárias para manter o membro deformado em equilíbrio.

3.2.2 - Matriz de Rígidez.

Ao conjunto dos coeficientes de rigidez de membro ordenadamente dispostos denomina-se matriz de rigidez de membro.

Para os deslocamentos indicados na figura 3.2 e 3.3 a referência 9 fornece a matriz de rigidez de membro considerado o efeito do cortante.

$$[R^i] = \begin{bmatrix} \frac{EA}{\ell} & & & & \\ 0 & \frac{12EI}{\ell^3(1+\phi)} & & & \text{Simétrica} \\ 0 & \frac{6EI}{\ell^2(1+\phi)} & \frac{(4+\phi)EI}{\ell(1+\phi)} & & \\ -\frac{EA}{\ell} & 0 & 0 & \frac{EA}{\ell} & \\ 0 & \frac{-12EI}{\ell^3(1+\phi)} & \frac{-6EI}{\ell^2(1+\phi)} & 0 & \frac{12EI}{\ell^3(1+\phi)} \\ 0 & \frac{6EI}{\ell^2(1+\phi)} & \frac{(2-\phi)EI}{\ell(1+\phi)} & 0 & \frac{-6EI}{\ell^2(1+\phi)} \quad \frac{(4+\phi)EI}{\ell(1+\phi)} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Sendo:

E - módulo de elasticidade longitudinal

A - área da seção transversal

l - comprimento do elemento

I - momento de inércia em relação ao eixo z_m

ϕ - parâmetro da deformação por cortante dado pela fórmula -

$$\phi = \frac{12EI_f}{GA^2} \quad (3.3)$$

G - módulo de elasticidade transversal

f - fator que depende da forma da seção transversal do elemento.

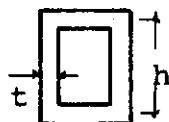
Para os casos usuais da prática são os seguintes¹¹ os

valores de f :



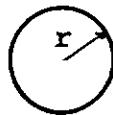
(a) - Seção retangular

$$f = \frac{6}{5}$$



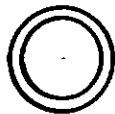
(b) - Seção retangular vazada

$$f = \frac{A}{2ht}$$



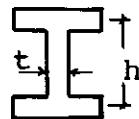
(c) - Seção circular

$$f = \frac{10}{9} \quad (3.5)$$



(d) - Seção circular vazada

$$f = 2$$



(e) - Seção duplo T

$$f = \frac{A}{ht}$$

Fig. 3.4 - Seções usuais.

Chamando

$$K = \frac{4EI}{\ell} \quad e \quad S = \frac{AE}{\ell} \quad (3.6)$$

a matriz (3.2) reduz-se à forma seguinte:

$$\left[R^i \right] = \begin{bmatrix} S & & & & \\ 0 & \frac{3K}{\ell^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} & & & \text{Simétrica} \\ 0 & \frac{3K}{2\ell} \cdot \frac{1}{1+\phi} & K \cdot \frac{4+\phi}{4(1+\phi)} & & \\ -S & 0 & 0 & S & \\ 0 & \frac{-3K}{\ell^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} & \frac{-3K}{2\ell} \cdot \frac{1}{1+\phi} & 0 & \frac{3K}{\ell^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} \\ 0 & \frac{3K}{2\ell} \cdot \frac{1}{1+\phi} & \frac{K}{2} \cdot \frac{2-\phi}{2(1+\phi)} & 0 & \frac{-3K}{2\ell} \cdot \frac{1}{1+\phi} & K \cdot \frac{4+\phi}{4(1+\phi)} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

3.3 - Matriz de rigidez de viga com trechos rígidos em suas extremidades.

3.3.1 - Dedução dos coeficientes.

Sejam a e b os respectivos comprimentos dos trechos rígidos das extremidades esquerda e direita da viga v (fig. 3.5).

A rigidez associada a cada deslocamento das extremidades de \underline{v} é obtida pela condição de equilíbrio como a seguir se deduz.

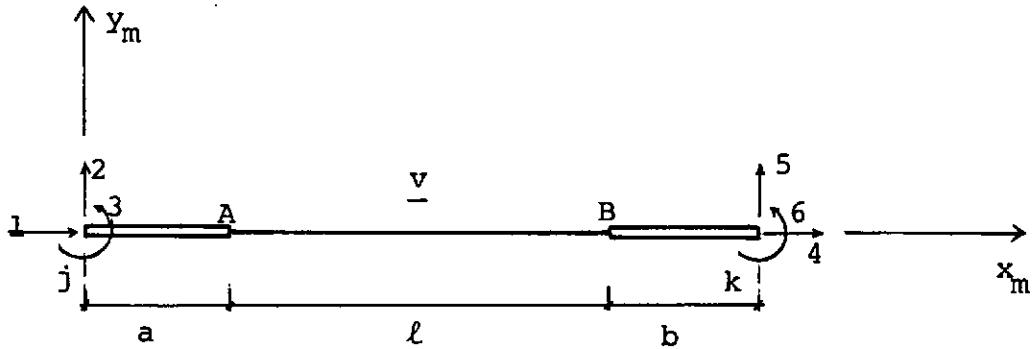


Fig. 3.5 - Elemento viga com trechos rígidos em suas extremidades.

Para uma rotação unitária na direção 3 em j (fig. 3.6), a deformação do trecho AB será a composição das configurações (a) e (b) da fig. 3.7. As ações indicadas nas figuras são obtidas dos coeficientes da matriz (3.2).

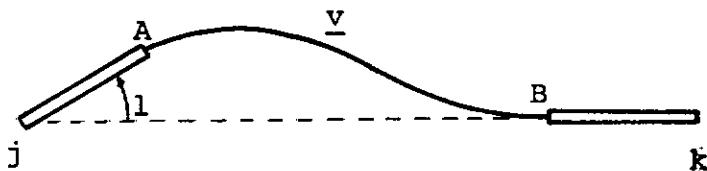
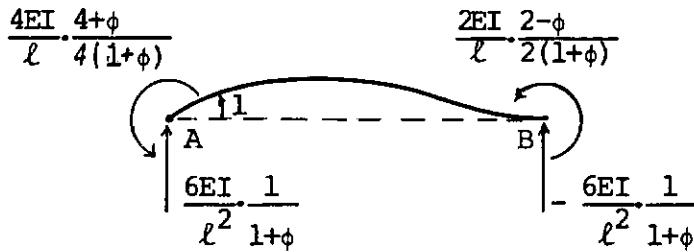
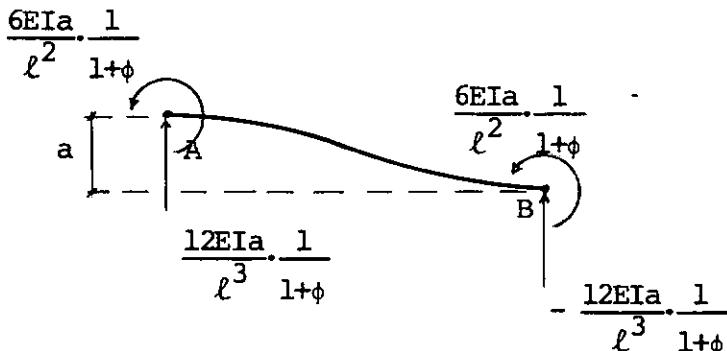


Fig. 3.6 - Rotação unitária na direção 3 em j .

(a) - Rotação unitária em A.(b) - Deslocamento vertical a em A.Fig. 3.7 - Deformação do trecho AB da fig. 3.6

Obtem-se o coeficiente R_{33}^V calculando o momento em j devido as ações atuantes em A:

$$R_{33}^V = \frac{4EI}{\ell} \cdot \frac{4+\phi}{4(1+\phi)} + \frac{6EIa}{\ell^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} + a \left[\frac{6EI}{\ell^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} + \frac{12EIa}{\ell^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \right]$$

$$R_{33}^V = \frac{4EI}{\ell} \cdot \frac{4+\phi}{4(1+\phi)} + \frac{12EIa}{\ell^2} \cdot \frac{(1+a)}{\ell} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.8)$$

Por analogia de (3.8) tem-se:

$$R_{66}^V = \frac{4EI}{l} \cdot \frac{4+\phi}{4(1+\phi)} + \frac{12EIb}{l^2} \cdot \frac{(1+b)}{l} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.9)$$

Pela condição de equilíbrio na direção y_m obtém-se:

$$R_{23}^V = \frac{6EI}{l^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} + \frac{12EIa}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.10)$$

$$R_{53}^V = -\frac{6EI}{l^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} - \frac{12EIa}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.11)$$

Por analogia de (3.10) e (3.11) têm-se respectivamente:

$$R_{56}^V = -\frac{6EI}{l^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} - \frac{12EIb}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.12)$$

$$R_{26}^V = \frac{6EI}{l^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} + \frac{12EIb}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.13)$$

O coeficiente R_{63}^V é obtido calculando o momento em \underline{k}
devido as ações atuantes em \underline{B} .

$$R_{63}^V = \frac{2EI}{l} \cdot \frac{2-\phi}{2(1+\phi)} + \frac{6EIa}{l^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} - b \left[-\frac{6EI}{l^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} - \frac{12EIa}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \right]$$

$$R_{63}^V = \frac{2EI}{l} \cdot \frac{2-\phi}{2(1+\phi)} + \frac{6EI}{l^2} \cdot \left(a+b+\frac{2ab}{l} \right) \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.14)$$

Para um deslocamento unitário na direção 2 em j, a defor-
mação do trecho AB é devida simplesmente a um deslocamento unitário em A.
As ações indicadas na fig. 3.8 são fornecidas pelos coeficientes da matriz
(3.2).

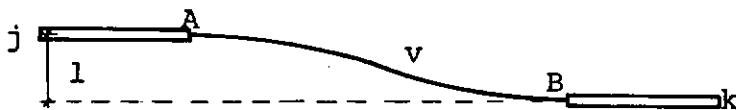


Fig. 3.8 - Deslocamento unitário na direção 2 em j.

Pela condição de equilíbrio na direção y_m , obtém-se:

$$R_{22}^V = \frac{12EI}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.15)$$

$$R_{52}^V = -\frac{12EI}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.16)$$

Por analogia de (3.15) tem-se:

$$R_{55}^V = \frac{12EI}{l^3} \cdot \frac{1}{1+\phi} \quad (3.17)$$

3.3.2 - Montagem da matriz de rigidez.

Os coeficientes fornecidos pelas expressões (3.8) a (3.17) e os seus simétricos, obtidos pelo Teorema da Reciprocidade de Betti-Maxwell, permitem escrever a matriz de rigidez de viga com trechos rígidos em suas extremidades considerando o efeito do cortante.

$$\begin{bmatrix}
\frac{EA}{\ell} \\
0 \\
0 \\
\left[R^V \right] = \\
-\frac{EA}{\ell} & 0 & 0 & \frac{EA}{\ell} \\
0 & -\frac{12EI}{\ell^3} \frac{1}{1+\phi} & -\frac{6EI}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & -\frac{12EIa}{\ell^3} \frac{1}{1+\phi} & 0 & \frac{12EI}{\ell^3} \frac{1}{1+\phi} \\
0 & \frac{6EI}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & \frac{12EIb}{\ell^3} \frac{1}{1+\phi} & \frac{2EI}{\ell} \frac{2-\phi}{2(1+\phi)} & 0 & -\frac{6EI}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & -\frac{12EIb}{\ell^3} \frac{1}{1+\phi} & \dots \\
& & & + \frac{6EI}{\ell^2} (a+b+\frac{2ab}{\ell}) \frac{1}{1+\phi} & & & & \\
& & & & & \frac{4EI}{\ell} \frac{4+\phi}{4(1+\phi)} & + \frac{12EIb}{\ell^2} (1+b) \frac{1}{\ell} \frac{1}{1+\phi} & \\
\end{bmatrix}$$

Simétrica

(3.18)

Levando (3.6) em (3.18), obtém-se a forma mais suscinta:

$$\left[\begin{array}{ccccc} & s & & & \\ & 0 & \frac{3K}{\ell^2} \cdot \frac{1}{1+\phi} & & \text{Simétrica} \\ & 0 & \frac{3K}{2\ell} \frac{1}{1+\phi} + \frac{3Ka}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & \frac{K}{4(1+\phi)} \frac{4+\phi}{\ell} + \frac{3Ka}{\ell} \frac{(1+a)}{\ell} \frac{1}{1+\phi} & \\ R^V = & -s & 0 & 0 & s \\ & 0 & -\frac{3K}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & -\frac{3K}{2\ell} \frac{1}{1+\phi} - \frac{3Ka}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & 0 & \frac{3K}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} \\ & 0 & \frac{3K}{2\ell} \frac{1}{1+\phi} + \frac{3Kb}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & \frac{K}{2} \frac{2-\phi}{2(1+\phi)} + \frac{3K}{2\ell} (a+b+\frac{2ab}{\ell}) \frac{1}{1+\phi} & 0 & -\frac{3K}{2\ell} \frac{1}{1+\phi} - \frac{3Kb}{\ell^2} \frac{1}{1+\phi} & \dots \\ & & & & & K \frac{4+\phi}{4(1+\phi)} + \frac{3Kb}{\ell} \frac{(1+b)}{\ell} \frac{1}{1+\phi} & \end{array} \right] \quad (3.19)$$

Capítulo IV - PAINEL

4.1 - Graus de liberdade.

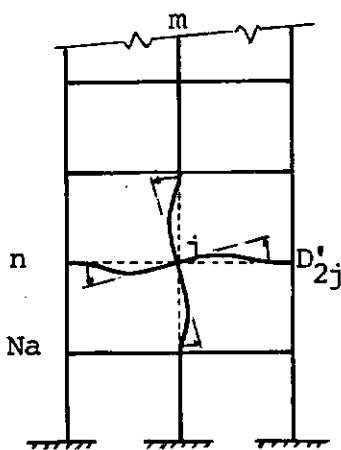
São considerados os seguintes graus de liberdade de painel.

4.1.1 - Rotação de nó.

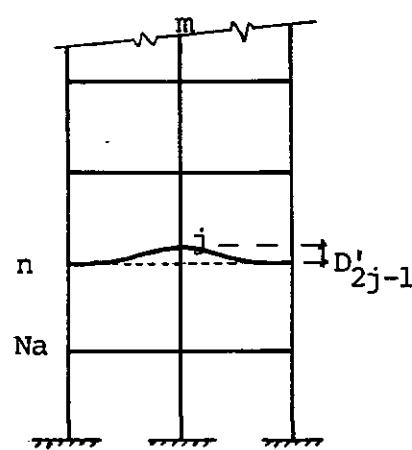
Considera-se a rotação do nó genérico j , enquanto que todos os demais permanecem inalterados (fig. 4.1.a). A este deslocamento designa-se D'_{2j} , considerado positivo no sentido anti-horário.

4.1.2 - Deslocamento vertical de nó.

De maneira análoga ao anterior, considera-se o deslocamento vertical do j -ézimo nó permanecendo todos os demais inalterados (fig. 4.1.b). A este deslocamento designa-se D'_{2j-1} , considerado positivo de baixo para cima.



(a) Rotação



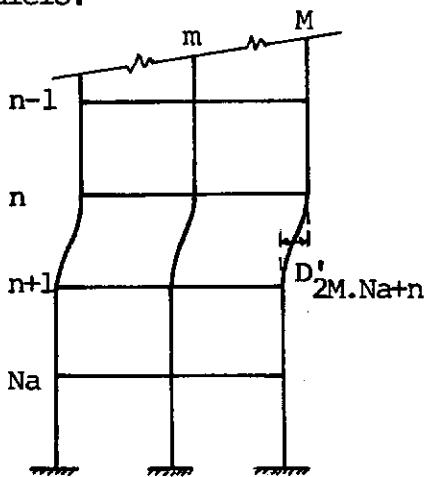
(b) Deslocamento vertical

Fig. 4.1 - Deslocamentos do j -ézimo nó.

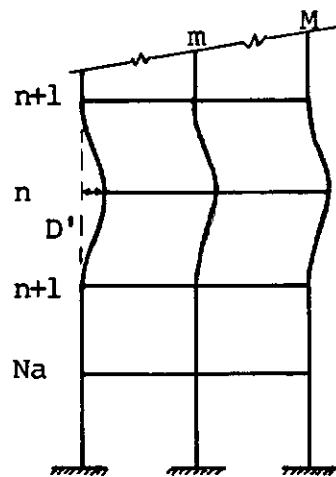
4.1.3 - Deslocamento horizontal relativo de andar.

Considera-se a n -ézima laje e toda a parte do painel que lhe é superior deslocando-se horizontalmente como um corpo rígido (fig. 4.2.a).

4.2.a). A este deslocamento, designado por $D'_{2M.Na+n}$, denomina-se de deslocamento horizontal relativo do n -ézimo andar. É considerado positivo quando coincidente com a orientação do eixo X ou Y, do sistema global, que lhe é paralelo.



(a) - Deslocamento relativo do n -ézimo andar



(b) - Deslocamento absoluto do n -ézimo andar

Fig. 4.2 - Deslocamentos horizontais de andar.

A visualização dos painéis foi fixada (item 2.4.1) tendo-se o referido deslocamento horizontal positivo dirigido da esquerda para a direita.

4.1.4 - Característica de faixa da matriz de rigidez.

A escolha do deslocamento horizontal do bloco de andares acima da n -ézima laje, em relação à que lhe é imediatamente inferior (fig.4.2.a), em vez do deslocamento absoluto de andar (fig.4.2.b), objetiva

uma matriz de rigidez reduzida de painel (item 4.3) que mais de perto apresente a característica de faixa¹ (fig. 5.1.a). O termo reduzida significa que a referida matriz de rigidez relaciona forças com apenas deslocamentos verticais de nó e horizontais de andar (aos demais deslocamentos são dadas liberações).

Considerando o deslocamento relativo do n-éximo andar, as forças aplicadas aos diversos andares decrescem (a medida que se afasta do andar n) mais rapidamente do que quando da consideração do deslocamento absoluto. Como estas forças para deslocamentos unitários são coeficientes de rigidez, no primeiro caso estes coeficientes preponderam mais próximos da diagonal principal.

Logo, para o painel cujos deslocamentos sejam ordenados, de forma que, o deslocamento relativo de andar seja numerado imediatamente após (ou antes) dos deslocamentos verticais dos nós do mesmo andar, a matriz de rigidez reduzida correspondente apresentará uma nítida característica de faixa.

É importante ressaltar, que a consideração do deslocamento horizontal relativo de andar implica que as forças horizontais aplicadas aos diversos andares são iguais às forças cortantes do painel, no topo das colunas do andar imediatamente inferior. Logo, quando da consideração do sistema de equações de equilíbrio da estrutura, tem-se que acumular a carga horizontal aplicada ao nível de cada laje com todas as demais aplicadas aos andares superiores.

Nos próximos itens a referência ao deslocamento horizontal de andar, assume-se que o mesmo seja do tipo relativo (fig. 4.2.a).

4.1.5 - Vetores dos deslocamentos de painel.

Seja:

n_p - número total dos deslocamentos do painel p

$$n_p = 2.M.Na + Na \quad (4.1)$$

$\{D^p\}$ - matriz-coluna dos n_p deslocamentos do painel p , ordenados segundo os ítems 4.1.1 a 4.1.3.

$$\{D^p\} = \{D'_1 \quad D'_2 \dots D'_{2.M.Na+n} \dots D'_{n_p}\} \quad (4.2)$$

Como a análise da estrutura envolve apenas os deslocamentos horizontais de andar e os verticais nas interseções dos painéis (que não recebam liberações), interessam na montagem da matriz de rigidez da estrutura apenas os coeficientes relativos a estes deslocamentos. Denominam-se estes últimos de deslocamentos reduzidos de painel.

Seja:

m_p - número dos deslocamentos reduzidos por andar do painel p .

$\{D_n^{p*}\}$ - matriz-coluna dos referidos m_p deslocamentos reduzidos do n -éximo andar. A ordenação dos mesmos é feita colocando nas primeiras posições os deslocamentos verticais a serem considerados (nós da esquerda para a direita) e a seguir o deslocamento horizontal relativo de andar.

$\{D_n^{p*}\}$ - matriz-coluna dos Na vetores $\{D_n^{p*}\}$ dos deslocamentos reduzidos

do painel p.

$$\left\{ D^p \right\} = \left\{ \left\{ D_1^p \right\} \dots \left\{ D_n^p \right\} \dots \left\{ D_{Na}^p \right\} \right\} \quad (4.3)$$

4.1.6 - Vetores de carga de painel.

São consideradas apenas as cargas que atuam segundo as coordenadas-deslocamento de painel.

Seja:

$$\begin{aligned} \left\{ Q^p \right\} & - \text{ vetor de carga correspondente aos deslocamentos } \left\{ D^p \right\} \\ \left\{ Q_n^p \right\} & - \text{ idem para os deslocamentos } \left\{ D_n^p \right\} \\ \left\{ Q^{p*} \right\} & - \text{ idem para os deslocamentos } \left\{ D^{p*} \right\} \\ \left\{ Q^{p*} \right\} & = \left\{ \left\{ Q_1^{p*} \right\} \dots \left\{ Q_n^{p*} \right\} \dots \left\{ Q_{Na}^{p*} \right\} \right\} \end{aligned} \quad (4.4)$$

4.2 - Matriz de Rígidez de Painel.

4.2.1 - Método de Geração.

A matriz de rigidez de painel é função de suas características estruturais e dos graus de liberdade considerados no ítem 4.1.

Em programas automáticos a sua obtenção mais eficiente⁹ é feita somando as contribuições dos coeficientes de rigidez dos elementos envolvidos em cada um dos graus de liberdade do painel.

4.2.2 - Equação dos coeficientes.

Para os deslocamentos ordenados segundo os ítems 4.1.1 a 4.1.3 pode-se escrever as equações fornecedoras dos coeficientes da matriz de rigidez de painel. Em síntese, trata-se da soma dos coeficientes de rigidez dos diversos membros do pórtico plano, de elementos horizontais e verticais, relacionados com os referidos deslocamentos.

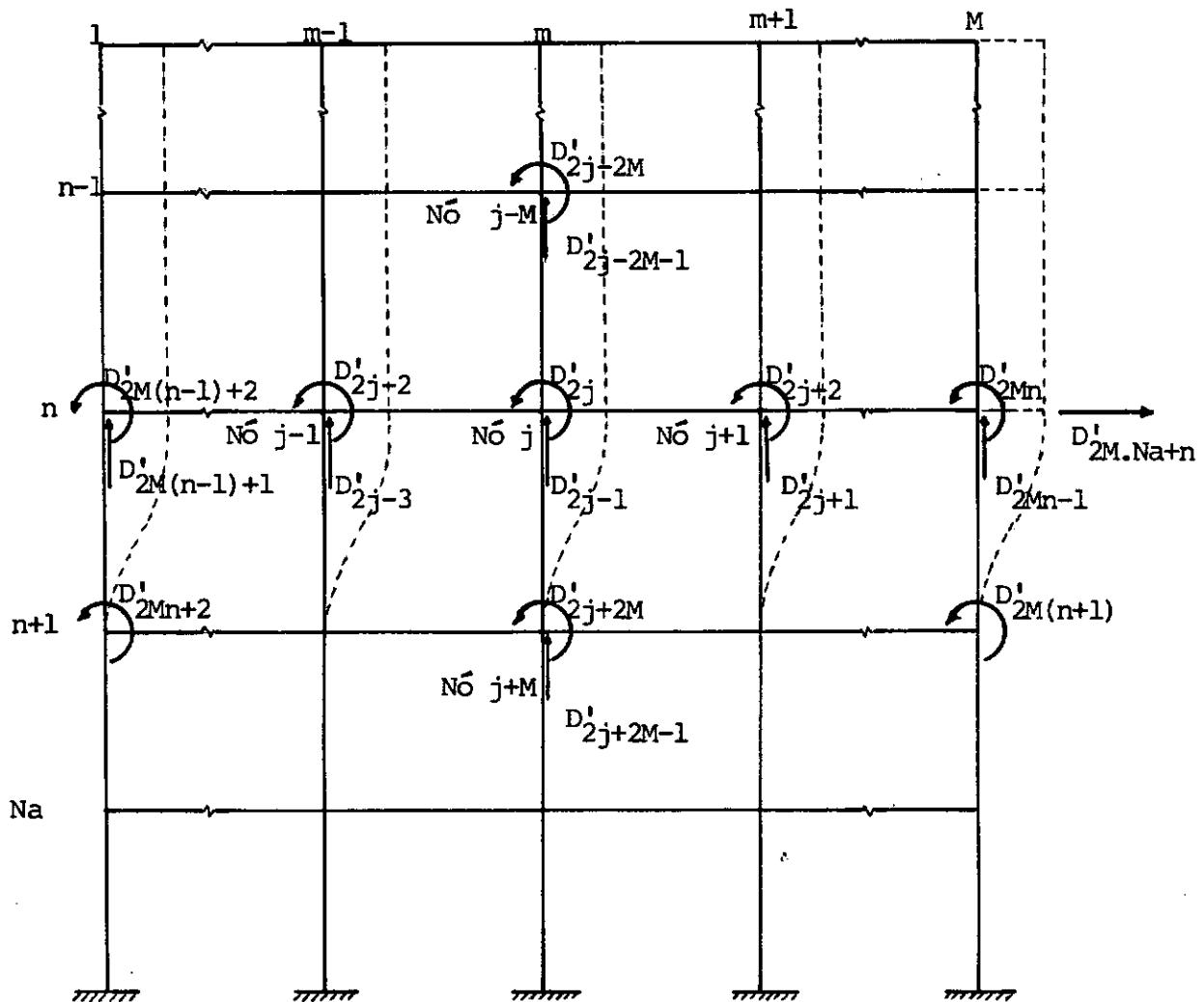


Fig. 4.3 - Deslocamentos de painel.

Considere-se na figura 4.3 os deslocamentos unitários do j -ézimo nó em um andar genérico \underline{n} e todos os demais deslocamentos a ele relacionados.

Seja em um painel genérico p ,

$R_{tw}^{C(n,m)}$ - coeficiente de rigidez tw do elemento coluna de par ordenado (n,m) e

$R_{tw}^{V(n,m)}$ - idem para o elemento viga, fornecidos pelas matrizes (3.7 e (3.19).

Para os deslocamentos unitários do j -ézimo nó, tem-se os seguintes efeitos:

a) Efeitos no próprio nó j

$$\left[\begin{array}{l} R_{(2j-1,2j-1)}^P = R_{44}^{C(n,m)} + R_{11}^{C(n-1,m)} + R_{22}^{V(n,m)} + R_{55}^{V(n,m-1)} \\ R_{(2j,2j)}^P = R_{66}^{C(n,m)} + R_{33}^{C(n-1,m)} + R_{33}^{V(n,m)} + R_{66}^{V(n,m-1)} \end{array} \right] \quad (4.5)$$

$$R_{(2j,2j-1)}^P = R_{32}^{V(n,m)} + R_{65}^{V(n,m-1)}$$

$$R_{(2j-1,2j)}^P = R_{(2j,2j-1)}^P$$

b) Efeitos no nó $j-1$ (situado a esquerda do nó j).

$$R_{(2j-2,2j)}^P = R_{36}^{V(n,m-1)}$$

$$\left[\begin{array}{l} R_{(2j-3, 2j)}^p = R_{26}^{v(n,m-1)} \\ R_{(2j-2, 2j-1)}^p = R_{35}^{v(n,m-1)} \end{array} \right] \quad (4.6)$$

$$R_{(2j-3, 2j-1)}^p = R_{25}^{v(n,m-1)}$$

c) Efeitos no nó $j+1$ (situado a direita do nó j).

$$\left[\begin{array}{l} R_{(2j+2, 2j)}^p = R_{63}^{v(n,m)} \\ R_{(2j+1, 2j)}^p = R_{53}^{v(n,m)} \\ R_{(2j+2, 2j-1)}^p = R_{62}^{v(n,m)} \end{array} \right] \quad (4.7)$$

$$R_{(2j+1, 2j-1)}^p = R_{52}^{v(n,m)}$$

d) Efeitos no nó $j-M$ (situado acima do nó j).

$$\left[\begin{array}{l} R_{(2j-2M-1, 2j)}^p = R_{43}^{c(n-1,m)} \\ R_{(2j-2M, 2j)}^p = R_{66}^{c(n-1,m)} \\ R_{(2j-2M-1, 2j-1)}^p = R_{41}^{c(n-1,m)} \\ R_{(2j-2M, 2j-1)}^p = R_{61}^{c(n-1,m)} \end{array} \right] \quad (4.8)$$

e) Efeitos no nó $j+M$ (situado abaixo do nó j).

$$\left[\begin{array}{l} R_{(2j+2M-1, 2j)}^P = R_{16}^{C(n,m)} \\ R_{(2j+2M, 2j)}^P = R_{36}^{C(n,m)} \\ R_{(2j+2M-1, 2j-1)}^P = R_{14}^{C(n,m)} \\ R_{(2j+2M, 2j-1)}^P = R_{34}^{C(n,m)} \end{array} \right] \quad (4.9)$$

Para o deslocamento horizontal unitário do n -ézimo andar, têm-se os efeitos:

a) Efeito em sua própria direção

$$R_{(2.M.Na+n, 2.M.Na+n)}^P = \sum_{m=1}^M R_{55}^{C(n,m)} \quad (4.10)$$

b) Efeitos nas direções das rotações dos nós ao nível da laje $\underline{n+1}$.

$$R_{(e, 2.M.Na+n)}^P = - R_{35}^{C(n-1,f)} \quad (4.11)$$

e - variando a partir de $2.M.n+2$ de dois em dois até $2.M(n+1)$.

f - variando de 1 até M.

c) Idem para os nós ao nível da n -ézima laje.

$$R_{(g, 2.M.Na+n)}^P = - R_{65}^{C(n,f)} \quad (4.12)$$

g - variando a partir de $2.M(n-1)+2$ de dois em dois até $2.M.n$

f - variando de 1 até M .

Pelo princípio da reciprocidade os efeitos segundo a direção do deslocamento horizontal do n -éximo andar devido às rotações uníárias dos nós ao nível das lajes $n+1$ e n são respectivamente os simétricos das expressões (4.11) e (4.12)

$$R_{(2.M.Na+n, e)}^P = - R_{35}^{C(n-1, f)} \quad (4.13)$$

$$R_{(2.M.Na+n, g)}^P = - R_{65}^{C(n, f)} \quad (4.14)$$

Fazendo n e m variar entre os seus limites nas expressões (4.5) a (4.14), monta-se a matriz de rigidez $[R^P]$ do painel p , de ordem $(n_p \times n_p)$. Note-se que, como são desprezadas as deformações axiais das vigas, os coeficientes R_{11}^V e R_{44}^V não foram considerados nas referidas expressões.

4.3 - Matriz de Rrigidez Reduzida.

A matriz de rigidez de painel relativa apenas aos seus deslocamentos reduzidos $\{D^P\}$ é designada por $[R^{P*}]$. Pode ser obtida¹² a partir da matriz de rigidez $[R^P]$ como a seguir se deduz.

Seja $[R^{po}]$ a matriz obtida a partir de $[R^P]$ ordenando os seus coeficientes de forma a colocar nas primeiras N_a linhas

e colunas os coeficientes relacionados com os deslocamentos reduzidos $\{D^{p*}\}$. Como aos demais deslocamentos, designados por $\{D^{pl}\}$, são dadas liberações*, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \{Q^{p*}\} \\ \{0\} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [R_{11}^{po}] & [R_{12}^{po}] \\ [R_{21}^{po}] & [R_{22}^{po}] \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \{D^{p*}\} \\ \{D^{pl}\} \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Sendo:

$$\begin{bmatrix} R_{11}^{po} \end{bmatrix} \text{ de ordem } (Na.m_p) \times (Na.m_p)$$

$$\begin{bmatrix} R_{22}^{po} \end{bmatrix} \text{ de ordem } (n_p - Na.m_p) \times (n_p - Na.m_p)$$

$$\begin{bmatrix} R_{12}^{po} \end{bmatrix} \text{ de ordem } (Na.m_p) \times (n_p - Na.m_p)$$

$$\begin{bmatrix} R_{21}^{po} \end{bmatrix} \text{ de ordem } (n_p - Na.m_p) \times (Na.m_p)$$

Desenvolvendo (4.15), obtém-se

$$\{Q^{p*}\} = \begin{bmatrix} R_{11}^{po} \end{bmatrix} \cdot \{D^{p*}\} + \begin{bmatrix} R_{12}^{po} \end{bmatrix} \cdot \{D^{pl}\} \quad (4.16)$$

$$\{0\} = \begin{bmatrix} R_{21}^{po} \end{bmatrix} \cdot \{D^{p*}\} + \begin{bmatrix} R_{22}^{po} \end{bmatrix} \cdot \{D^{pl}\} \quad (4.17)$$

(4.16), obtém-se

$$\{Q^{p*}\} = \begin{bmatrix} R_{11}^{po} \end{bmatrix} \cdot \{D^{p*}\} - \begin{bmatrix} R_{12}^{po} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{22}^{po} \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} R_{21}^{po} \end{bmatrix} \cdot \{D^{p*}\}$$

* Existem os deslocamentos e as forças correspondentes aos mesmos são nulas.

$$\left\{ Q^{p*} \right\} = \left(\left[R_{11}^{po} \right] - \left[R_{12}^{po} \right] \cdot \left[R_{22}^{po} \right]^{-1} \cdot \left[R_{21}^{po} \right] \right) \cdot \left\{ D^{p*} \right\} \quad (4.18)$$

Logo, de (4.18), tira-se a expressão que fornece a matriz de rigidez reduzida de painel

$$\left[R^{p*} \right] = \left[R_{11}^{po} \right] - \left[R_{12}^{po} \right] \cdot \left[R_{22}^{po} \right]^{-1} \cdot \left[R_{21}^{po} \right] \quad (4.19)$$

A matriz $\left[R^{p*} \right]$, de ordem $(Na.m_p) \times (Na.m_p)$, pode ser dividida em $Na \times Na$ submatrizes quadradas de ordem $(m_p \times m_p)$

$$\left[R^{p*} \right] = \begin{bmatrix} \left[R_{11}^{p*} \right] & \left[R_{12}^{p*} \right] & \cdots & \left[R_{1Na}^{p*} \right] \\ \left[R_{21}^{p*} \right] & \left[R_{22}^{p*} \right] & \cdots & \left[R_{2Na}^{p*} \right] \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \left[R_{Na1}^{p*} \right] & \left[R_{Na2}^{p*} \right] & \cdots & \left[R_{NaNa}^{p*} \right] \end{bmatrix} \quad (4.20)$$

A submatriz genérica $\left[R_{jg}^{p*} \right]$ de (4.20) representa as forças que agem no j -ézimo andar de p , correspondentes a um deslocamento unitário segundo cada uma das coordenadas-deslocamento reduzidas do andar g . Conforme as considerações do item 4.1.4, os valores destas forças decrescem rapidamente a medida que se afasta de g . Esta redução é favorecida pela consideração dos deslocamentos horizontais relativos de andar em lugar dos deslocamentos absolutos.

Em casos práticos é razoável considerar¹ $\left[R^{p*} \right]$ como

uma matriz faixa, com $\left[R_{jg}^{p*} \right] = 0$ para $|j-g| > d$ (4.21)

onde $d = 2, 3$ ou raramente 4 .

A programação automática foi desenvolvida para $d = 2$, sendo facilmente modificável para diferenças maiores quando da necessidade de cálculos mais exatos e disponibilidade de maior memória interna de computador.

A figura 4.4 apresenta uma visualização da deformação do painel, quando se impõe o deslocamento horizontal do bloco de andares acima da g -ézima laje e se liberam as rotações dos nós do painel. Para a hipótese de $d = 3$ é esquematizada a zona de influência acima do andar g , na qual se considera os efeitos do referido deslocamento horizontal.

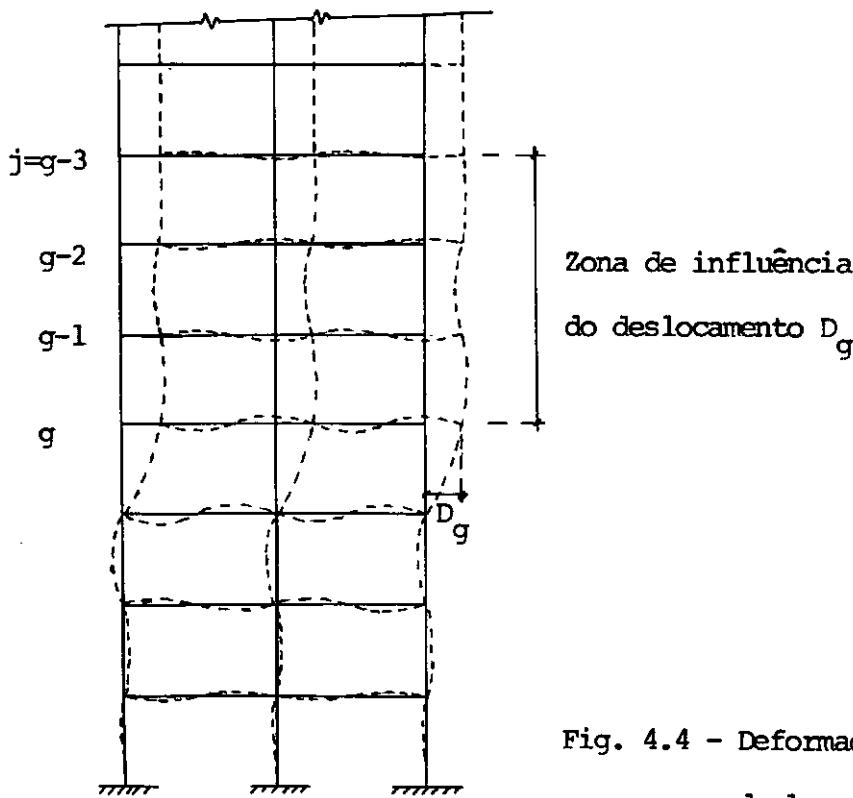


Fig. 4.4 - Deformação do painel para o deslocamento horizontal relativo do andar g .

A figura 4.4 mostra que dar liberações às rotações dos nós, não significa introduzir articulações nas extremidades dos elementos do painel. Tudo se passa como se após o deslocamento horizontal do bloco de andares, os nós pudessem girar como se estivessem solidários a apoios fictícios articulados.

4.4 Considerações sobre os elementos coluna.

As colunas em quase toda sua totalidade localizam-se em interseções de painéis. Logo, para a montagem da matriz de rigidez da estrutura, a rigidez à deformação axial de cada coluna correspondente a dois painéis que se cruzam, pode ser dividida arbitrariamente em dois quinhões para os respectivos painéis.

Quanto à consideração da deformação pelo cortante pelo fator da expressão (3.3), o seu efeito se dá no plano de cada painel isoladamente. Há, pois, que se considerar a totalidade da área da seção transversal do membro para o cálculo do referido parâmetro.

No tocante a estas considerações a programação automática foi desenvolvida nas seguintes etapas:

- a) Leitura de quinhões de área das seções transversais das colunas para todos os painéis.
- b) Soma dos quinhões relativos à mesma coluna, ou seja, cálculo da área real da seção transversal.

- c) Para efeito do cálculo da matriz de rigidez da estrutura, na fase da montagem da matriz de rigidez de painel, cálculo da rigidez axial S (expressão (3.6)), com a metade do valor da área da coluna quando a mesma corresponder a uma interseção de painéis. Consideração da área total para o parâmetro da deformação por cortante.
- d) Após o cálculo dos deslocamentos da estrutura, para efeito da análise (item 5.5) da distribuição das cargas pelos diversos painéis, montagem das respectivas matrizes de rigidez considerando a área real da seção para a totalidade das colunas.

4.5 - Lista de incidência dos painéis.

Com a finalidade de traduzir ao computador as coordenadas dos pilares e a topologia em planta da estrutura, é constituída a seguinte lista de incidência dos painéis.

Para cada pilar é fornecido ao programa:

- a) Número do pilar em planta.
- b) Coordenadas X e Y em relação ao sistema global.
- c) Número do painel tipo 1 que contenha o referido pilar.
- d) Idem para o painel tipo 2.

A ausência do número do painel em c) ou d) corresponde a uma coluna não situada em interseção de painéis e, portanto, deve ser liberada ao seu deslocamento vertical.

Capítulo V - ESTRUTURA

5.1 - Centro de Torção.

Determina-se a seguir, de forma aproximada, o centro de torção O_n do n-ézimo andar mais representativo da estrutura. A partir dêle todos os demais são considerados sobre a mesma vertical que passa por O_n .

Seja:

R_n^{px} - rigidez do painel p paralelo ao eixo X (painel tipo 1) ao deslocamento horizontal relativo do n-ézimo andar definido no item 4.1.3. Considerando apenas a rigidez à flexão das colunas, da expressão (4.10), tem-se:

$$R_n^{px} = \sum_{m=1}^M R_{55}^{c(n,m)} \quad (5.1)$$

R_n^{py} - idem para o painel p paralelo a Y (painel tipo 2).

x_p - distância do painel p do tipo 2 ao eixo Y.

y_p - distância do painel p do tipo 1 ao eixo X.

P_1 - número total de painéis tipo 1.

P - número total de painéis.

Para uma translação horizontal do sistema global, tal

que⁶

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{p=1}^{P_1} R_n^{px} \cdot Y_p = 0 \\ \sum_{p=P_1+1}^P R_n^{py} \cdot X_p = 0 \end{array} \right. \quad (5.2)$$

considera-se que o eixo Z passe pelo referido centro de torção. Fisicamente é o ponto da n-ézima laje onde aplicadas apenas forças horizontais, a mesma desloca-se sem sofrer rotação em seu plano.

As coordenadas do centro de torção, referidas ao sistema de referência global, devem sempre ser calculadas a priori e fornecidas ao programa. A sua determinação aproximada visa um sistema de equações de equilíbrio da estrutura bem condicionado.

À nova posição do sistema de referência denomina-se Sistema de Referência Central, em relação ao qual será montada a matriz de rigidez da estrutura.

5.2 - Matriz de Transformação de Painel.

Define-se a matriz de transformação do painel p , como a matriz que transforma, para o n-ézimo andar os deslocamentos da estrutura nos deslocamentos reduzidos do referido painel. A sequência de numeração e a orientação dos deslocamentos da estrutura é a do item 2.3. Quanto aos deslocamentos reduzidos de painel, a ordenação dos mesmos é a definida em $\{D_n^{p*}\}$ no item 4.1.5 e considerados positivos para a orientação apresentada

nos itens 4.1.2 e 4.1.3.

Logo, tem-se a expressão

$$\left\{ D_n^{p*} \right\} = \left[B_n^p \right] \cdot \left\{ D_n \right\} \quad (5.3)$$

onde $\left[B_n^p \right]$ é a matriz de transformação de ordem $(m_p \times n_g)$ do n -ézimo andar de p .

Como considera-se a mesma distribuição das vigas e colunas em todos os andares, a matriz de transformação do painel p é a mesma para todos os vetores $\left\{ D_n^{p*} \right\}$.

Logo,

$$\left[B_1^p \right] = \dots = \left[B_n^p \right] = \dots = \left[B_{Na}^p \right] = \left[B^p \right] \quad (5.4)$$

$$\text{e } \left\{ D_n^{p*} \right\} = \left[B^p \right] \cdot \left\{ D_n \right\} \quad (5.5)$$

Em relação ao sistema de referência central, seja:

a_p - distância do painel p ao eixo Z , considerada positiva quando o deslocamento horizontal positivo de andar do referido painel tender a girar no sentido anti-horário em relação à OZ .

θ_p - ângulo formado pelo eixo X com a direção dos deslocamentos horizontais positivos de p , medido no sentido anti-horário.

Para tais valores, a matriz $\left[B^p \right]$, de ordem $(m_p \times n_g)$,

será da forma

$$\left[\begin{array}{ccccccc} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cos \theta_p & \sin \theta_p & a_p & \dots & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \quad (5.6)$$

onde $\left[B^p \right]$ até a penúltima linha é uma matriz topológica. A posição (i,j) de cada elemento diferente de zero corresponde, para um andar genérico, ao j -ésimo deslocamento da estrutura de ordem i -ésima no painel.

A última linha de (5.6) traduz a contribuição dos deslocamentos horizontais e de rotação da estrutura, ao deslocamento horizontal de painel do respectivo andar.

Dependendo da unidade de comprimento adotada, os valores de a_p podem muito se afastar do intervalo -1 a +1 dos demais elementos da matriz. Neste caso, aconselha-se¹ tomar como unidade de rotação $\frac{l_{rd}}{\bar{a}}$, onde \bar{a} é o máximo valor absoluto de a_p . Com esta unidade o elemento da última linha e terceira coluna passa a ser $\frac{a_p}{\bar{a}}$. É evidente, que após o cálculo dos valores das rotações das lajes, para que os mesmos possam ser expressos em radianos, devem ser divididos por \bar{a} .

5.3 - Vetores de carga da estrutura.

O vetor de carga da estrutura é composto pelas cargas

(item 1.3), que atuam segundo as coordenadas-deslocamento da mesma (item 2.3).

Seja:

$\{Q_n\}$ - matriz-coluna das n_g cargas correspondentes ao vetor $\{D_n\}$ do n -ézimo andar.

$$\{Q_n\} = \{Q_{n1} \ Q_{n2} \ \dots \ Q_{n n_g}\} \quad (5.7)$$

$\{Q\}$ - matriz-coluna das n_{gt} cargas correspondentes ao vetor $\{D\}$ da estrutura.

$$\{Q\} = \{\{Q_1\} \ \dots \ \{Q_n\} \ \dots \ \{Q_{Na}\}\} \quad (5.8)$$

O vetor de cargas montado pela programação automática leva em consideração apenas o efeito de vento e o de recalques verticais de apoio.

$$\text{A expressão } Q = - \frac{E \cdot R_{ec} \cdot A}{l} \quad (5.9)$$

transforma o recalque R_{ec} da base da coluna de seção A e comprimento l , em carga a ser considerada como concentrada no topo da respectiva coluna.

5.4 - Matriz de rigidez da estrutura.

A matriz de rigidez da estrutura, de ordem $(n_{gt} \times n_{gt})$, relaciona os deslocamentos da estrutura, $\{D\}$, com as cargas $\{Q\}$, pela expressão: $\{Q\} = [RE] \cdot \{D\}$ (5.10)

A referida matriz $[RE]$ pode ser dividida em $Na \times Na$ submatrizes quadradas de ordem $(n_g \times n_g)$.

$$\begin{bmatrix} RE \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} RE_{11} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} RE_{12} \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} RE_{1Na} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} RE_{21} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} RE_{22} \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} RE_{2Na} \end{bmatrix} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \begin{bmatrix} RE_{Na1} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} RE_{Na2} \end{bmatrix} & \cdots & \begin{bmatrix} RE_{Na\ Na} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (5.11)$$

A submatriz genérica $[RE_{jg}]$ de (5.11) representa as fórcas que agem no j-ézimo andar da estrutura, correspondentes a um deslocamento unitário segundo cada uma das coordenadas-deslocamento do andar g.

Pelo princípio da Contra-gradiênciia, obtém-se

$$\begin{bmatrix} RE_{jg} \end{bmatrix} = \sum_{p=1}^P \begin{bmatrix} B^p \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} R_{jg}^{p*} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} B^p \end{bmatrix} \quad (5.12)$$

onde o somatório expressa as contribuições dos P painéis da estrutura.

A consideração (4.21) leva a

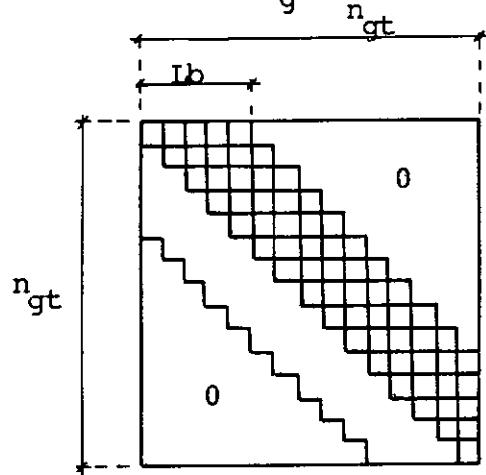
$$\begin{bmatrix} RE_{jg} \end{bmatrix} = 0 \quad \text{para} \quad |j-g| > d \quad (5.13)$$

obtendo-se a matriz de rigidez da estrutura em faixa (fig. 5.1.a).

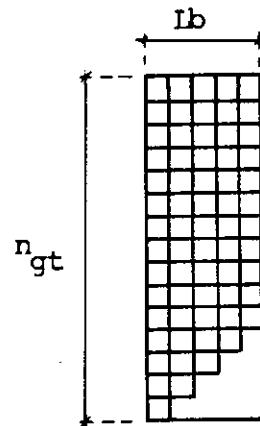
Faz-se¹⁰ a resolução do sistema (5.10) montando apenas a faixa superior (incluída a diagonal principal) da matriz $[RE]$ armazenada

em matriz retangular (fig. 5.1.b). Sendo I_b a largura da referida faixa,

$$\text{xa, } I_b = (d+1)n_g \quad (5.14)$$



(a) - Matriz em faixa.



(b) - Armazenamento da faixa superior em matriz retangular.

Fig. 5.1 - Esquema da matriz faixa

O armazenamento em matriz retangular é facilmente conseguido calculando o coeficiente de posição (i,j) da matriz da fig. 5.1.a e deslocando-o em sua própria linha para a coluna $j-i+1$.

5.5 - Análise dos painéis.

Resolvendo o sistema (5.10), os deslocamentos reduzidos por andar do painel p , $\{D_n^{p*}\}$, são obtidos pelas expressões (2.3) e (5.5). Calculados os referidos deslocamentos para todos os andares, monta-se a matriz $\{D^p\}$ da expressão (4.3).

A seguir, calcula-se a distribuição dos esforços pelos diversos painéis, ou seja, as cargas atuantes segundo as coordenadas-deslocamento reduzidas de cada painel p .

$$\left\{ Q^{p*} \right\} = \left[R^{p*} \right] \cdot \left\{ D^{p*} \right\} \quad (5.15)$$

Como foram dadas liberações às demais coordenadas-deslocamento, o vetor das cargas $\left\{ Q^p \right\}$ é composto pelo vetor $\left\{ Q^{p*} \right\}$ e de valores nulos correspondentes às direções liberadas.

Finalmente, o problema reduz-se a analisar cada painel de matriz de rigidez $\left[R^p \right]$ conhecida, submetido ao carregamento $\left\{ Q^p \right\}$.

$$\left\{ Q^p \right\} = \left[R^p \right] \cdot \left\{ D^p \right\} \quad (5.16)$$

A resolução do sistema (5.16) fornece o conjunto de todos os deslocamentos do painel p , que permite a montagem dos vetores deslocamento $\left\{ d^i \right\}$ dos seus diversos membros. Logo, as ações nas extremidades de membro são calculadas pela expressão,

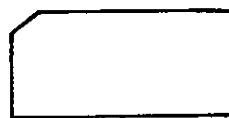
$$\left\{ q^i \right\} = \left[R^i \right] \cdot \left\{ d^i \right\} \quad (5.17)$$

Capítulo VI - DIAGRAMAS DE BLOCOS SIMPLIFICADOS

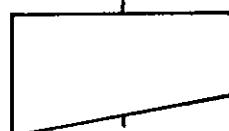
6.1 - Convenções adotadas

O diagrama de blocos tem por finalidade facilitar a compreensão do método de programação adotado na resolução do problema. Serão apresentados diagramas simplificados para elucidar, de forma concisa, apenas as fases consideradas de maior interesse.

As convenções adotadas são as seguintes:



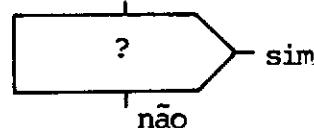
Entrada de dados por meio de cartões.



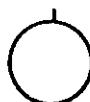
Impressão de cabeçalhos, dados lidos ou resultados calculados.



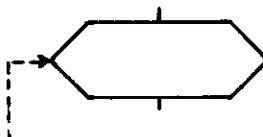
Processamento de alguma operação ou cálculo escrito dentro do retângulo.



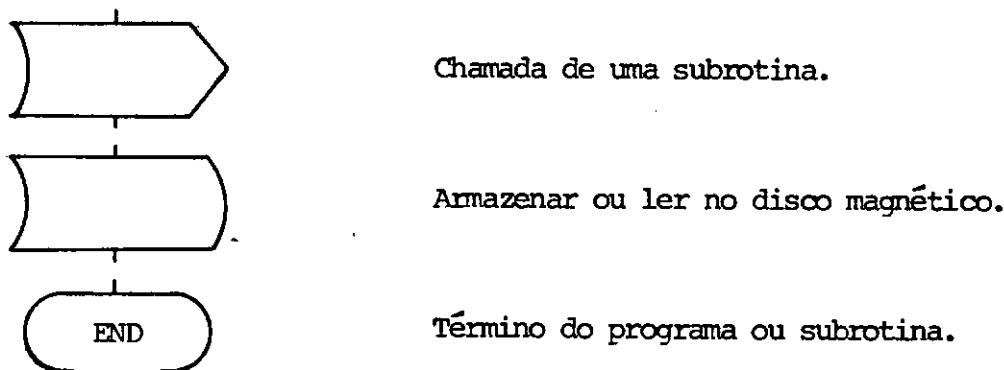
Decisão a ser tomada.



Conexão entre dois pontos do diagrama, que não podem ser ligados por uma linha.



Execução de um controle interativo.



6.2 - Considerações gerais acerca da estruturação da programação automática.

A programação automática foi dividida em um programa principal, denominado VENTO, e nove subrotinas auxiliares. O programa principal lê os dados da estrutura, interpreta a sua topologia e chama as diversas subrotinas que executam tarefas específicas.

Procurou-se idealizar as subrotinas de forma a ter-se um aproveitamento máximo da memória interna do computador. Os dados, matrizes e resultados são sempre armazenados no disco magnético em suas etapas intermediárias.

As subrotinas e suas respectivas tarefas são as que se seguem:

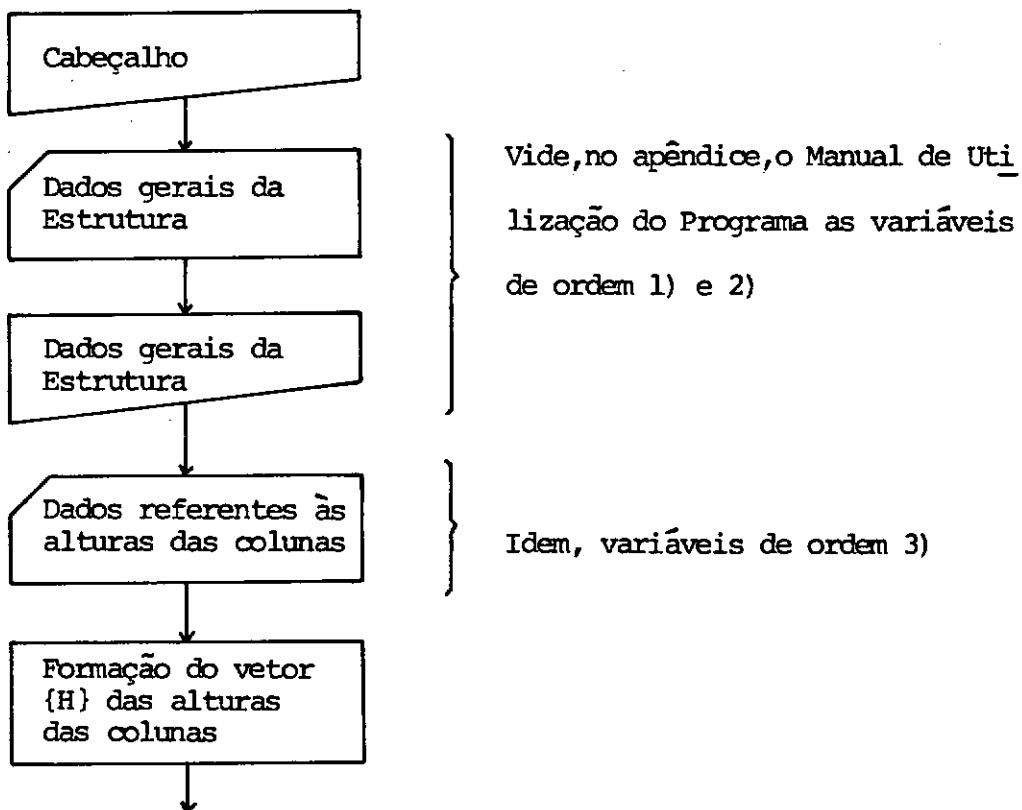
- a) TRANS - Forma as matrizes de transformação dos diversos painéis.
- b) RIGID - Subrotina formadora das matrizes de rigidez dos painéis. Obedece as etapas do item 4.4 pela automatização das expressões

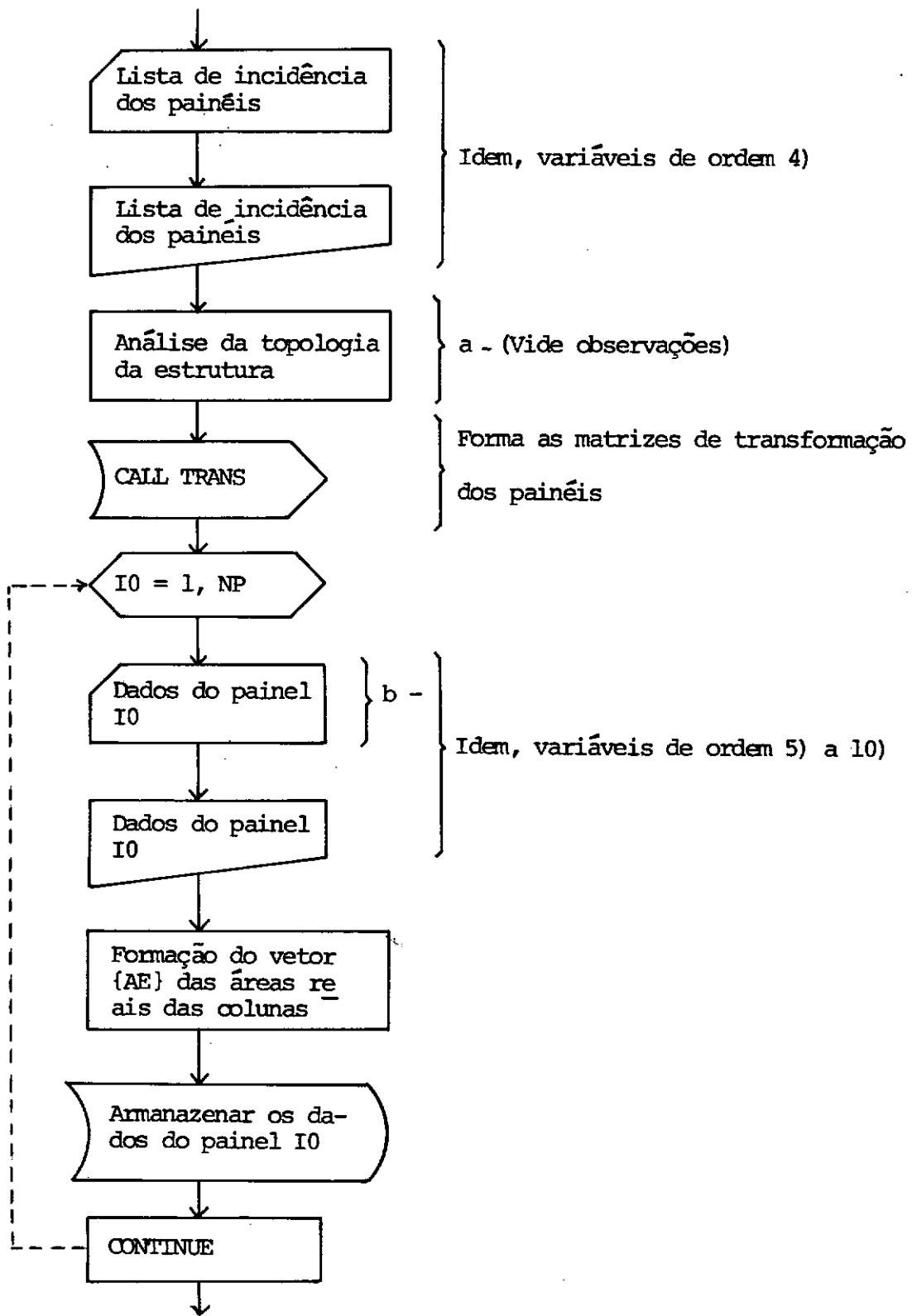
(4.5) a(4.14).

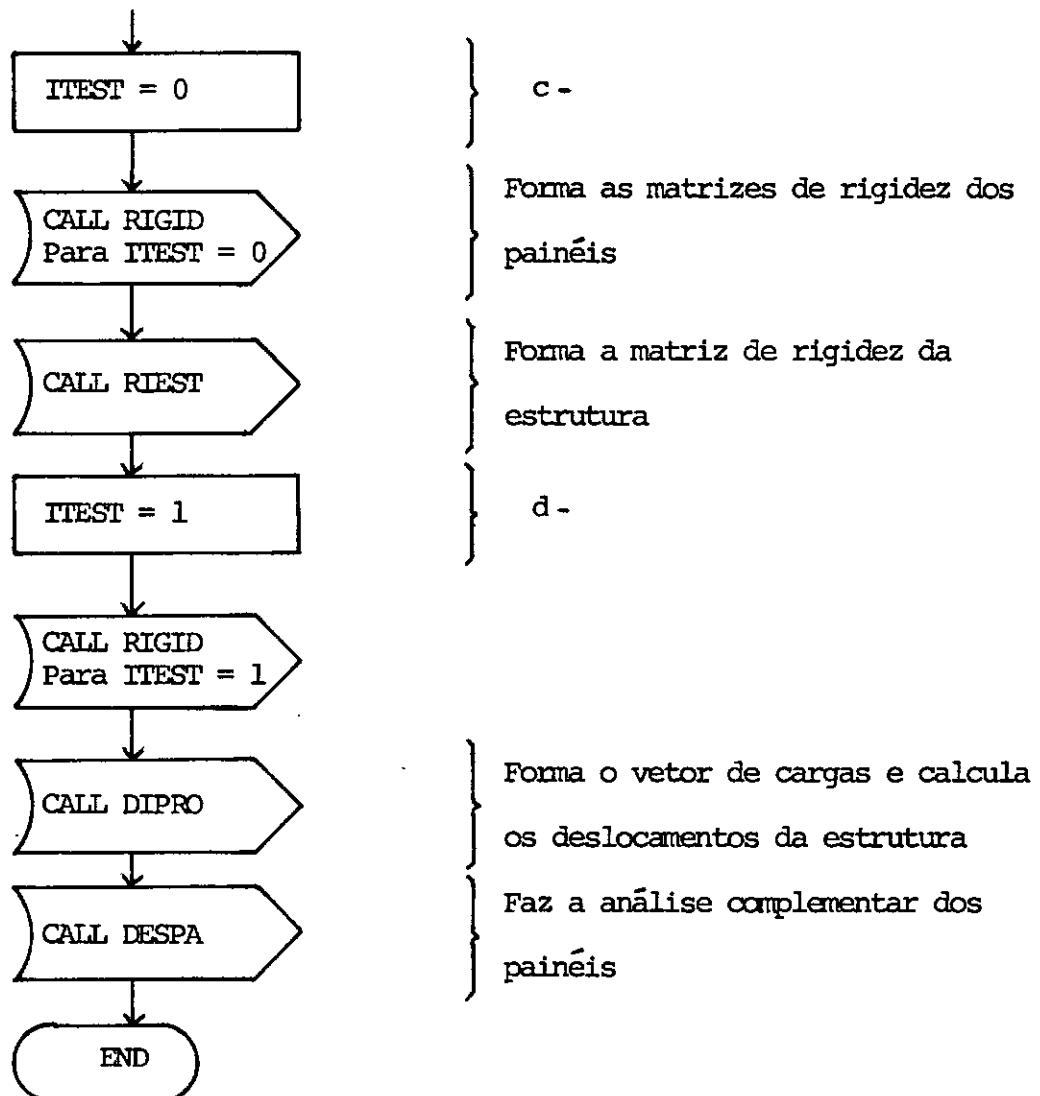
- c) REDUZ - Ordena adequadamente (item 4.3) as matrizes de rigidez dos painéis e forma as suas respectivas matrizes reduzidas.
- d) INVER - Inverte por partição uma submatriz em sua própria posição na matriz principal. É a subrotina (modificada) da referência 13, página 344/345.
- e) RIEST - Forma a faixa superior (incluida a diagonal principal) da matriz de rigidez da estrutura, armazenando-a em matriz retangular. Em síntese, efetua as operações da expressão (5.12), lendo no disco em cada fase da execução apenas as submatrizes necessárias às operações.
- f) DECOB - Decompõe a faixa superior da matriz de rigidez da estrutura, fornecendo uma nova matriz faixa triangular superior, que multiplicada pela sua transposta fornece a primeira. O diagrama de blocos simplificado é o da página 65 da referência 10.
- g) DIPRO - Esta subrotina interpreta o carregamento de vento e os recalques de apoio formando o vetor de cargas da estrutura. Chama a subrotina RESOB que calcula os deslocamentos da estrutura.
- h) RESOB - Resolve o sistema de equações de equilíbrio da estrutura a partir da matriz faixa triangular superior fornecida por DECOB. O diagrama de blocos é o da página 67 da referência 10.
- i) DESPA - Subrotina da análise dos painéis. Executa as operações do item 5.5, fornecendo as ações nas extremidades de membro.

Com esta divisão, as subrotinas TRANS, RIGID, RIEST, DIPRO e DESPA foram colocadas em LOCAL (referência 15, página 15). Acredita-se ter conseguido um aproveitamento máximo, possibilitando o cálculo de estruturas relativamente grandes no computador de pequeno porte IBM 1130. É claro, que esta eficiência foi conseguida em detrimento do tempo de execução.

6.3 - Programa Principal - VENTO







Observações

a - A análise da topologia da estrutura consiste no cálculo das seguintes variáveis.

IP (I, NO) - número do painel tipo I, que contenha o pilar de numeração NO.

NG - número de coordenadas-deslocamento da estrutura por andar.

ITP (I) - variável que igual a 1 indica que o painel de numeração I seja do tipo 1. Se igual a 2, indica painel do tipo 2.

M (I) - número de nós do painel I em cada andar.

MI (I) - número de coordenadas-deslocamento reduzidas do painel I em cada andar.

C (I,J) - ordenada horizontal do nó J do primeiro andar do painel I.

IPP (I,J) - variável que indica para o painel I que o nó J deve ser liberado no seu deslocamento vertical.

BA (I) - distância do painel I ao centro de torção.

AB - máximo valor absoluto de BA (I) .

b - Na leitura dos dados dos painéis não há necessidade da repetição dos mesmos para painéis iguais (vide manual de utilização). Internamente é formada a variável INP (IO) , cujo valor é o número do painel idêntico ao de numeração IO.

c - A variável ITEST = 0 indica à subrotina RIGID que considere a metade da rigidez axial das colunas correspondentes às interseções de painéis.

d - Para ITEST = 1, a subrotina RIGID considera a rigidez axial* de todas as colunas.

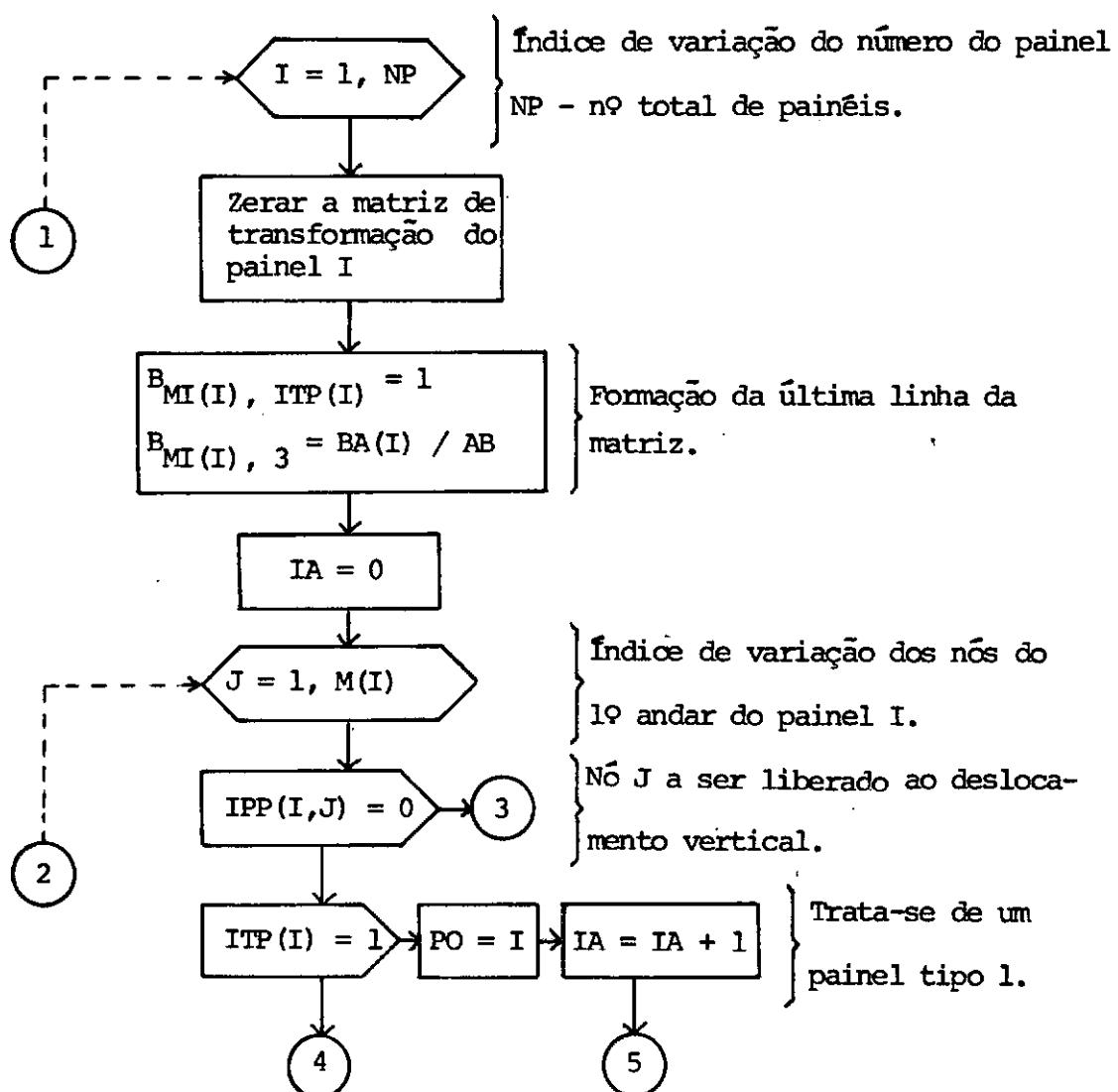
6.4 - Subrotina TRANS

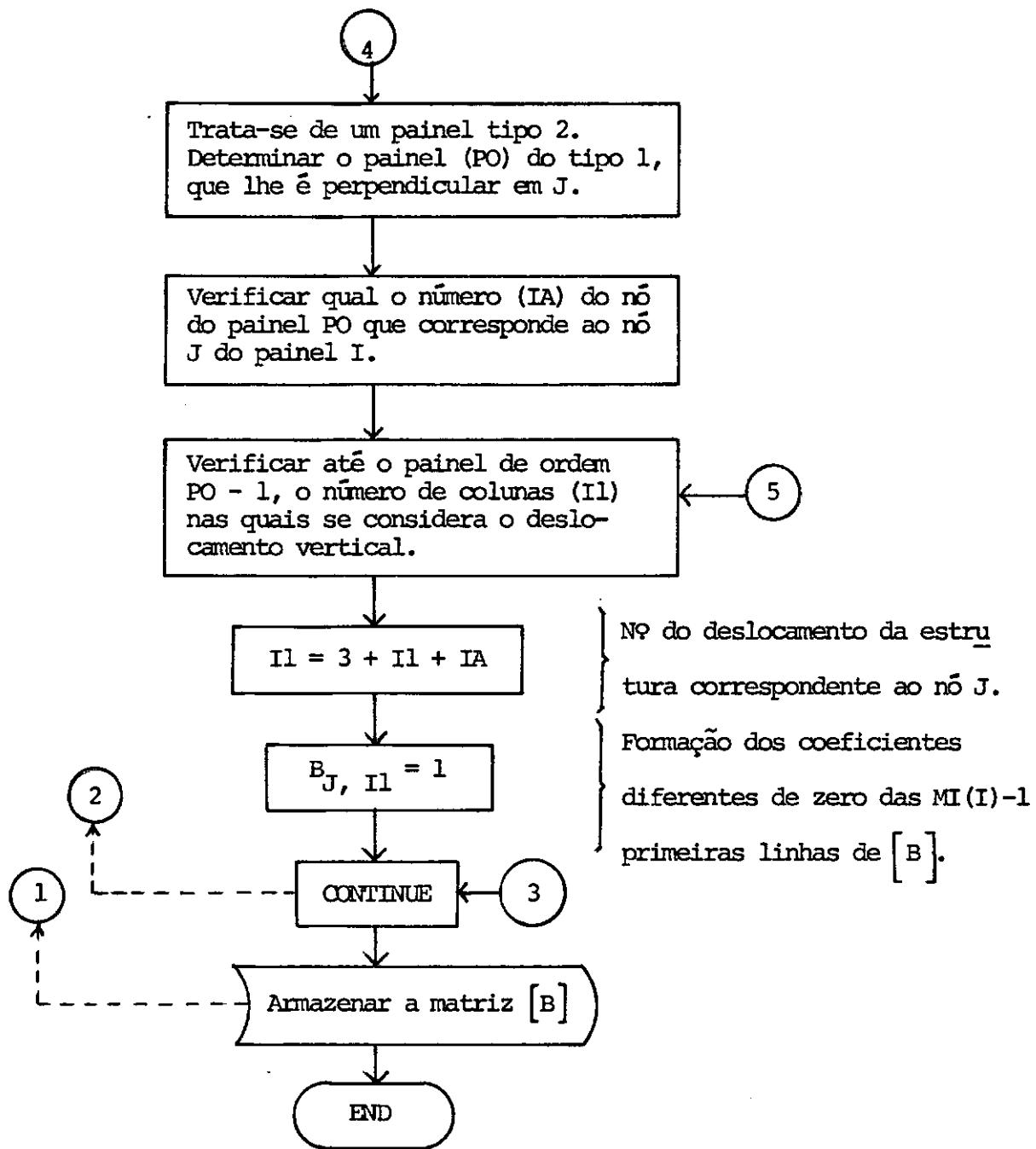
Esta subrotina, formadora das matrizes de transformação

* Rigidez axial real.

dos diversos painéis, consiste de artifícios numéricos para montar a matriz apresentada no item 5.2. Como tal, depende rigorosamente da ordem estabelecida para os deslocamentos da estrutura e da numeração de seus pilares em planta (item 2.3), da numeração dos diversos painéis (item 2.2) e da sequência de seus deslocamentos reduzidos (item 4.1.5).

Segue o diagrama de blocos simplificado, no qual se omite algumas particularidades como a da liberação de deslocamentos verticais.

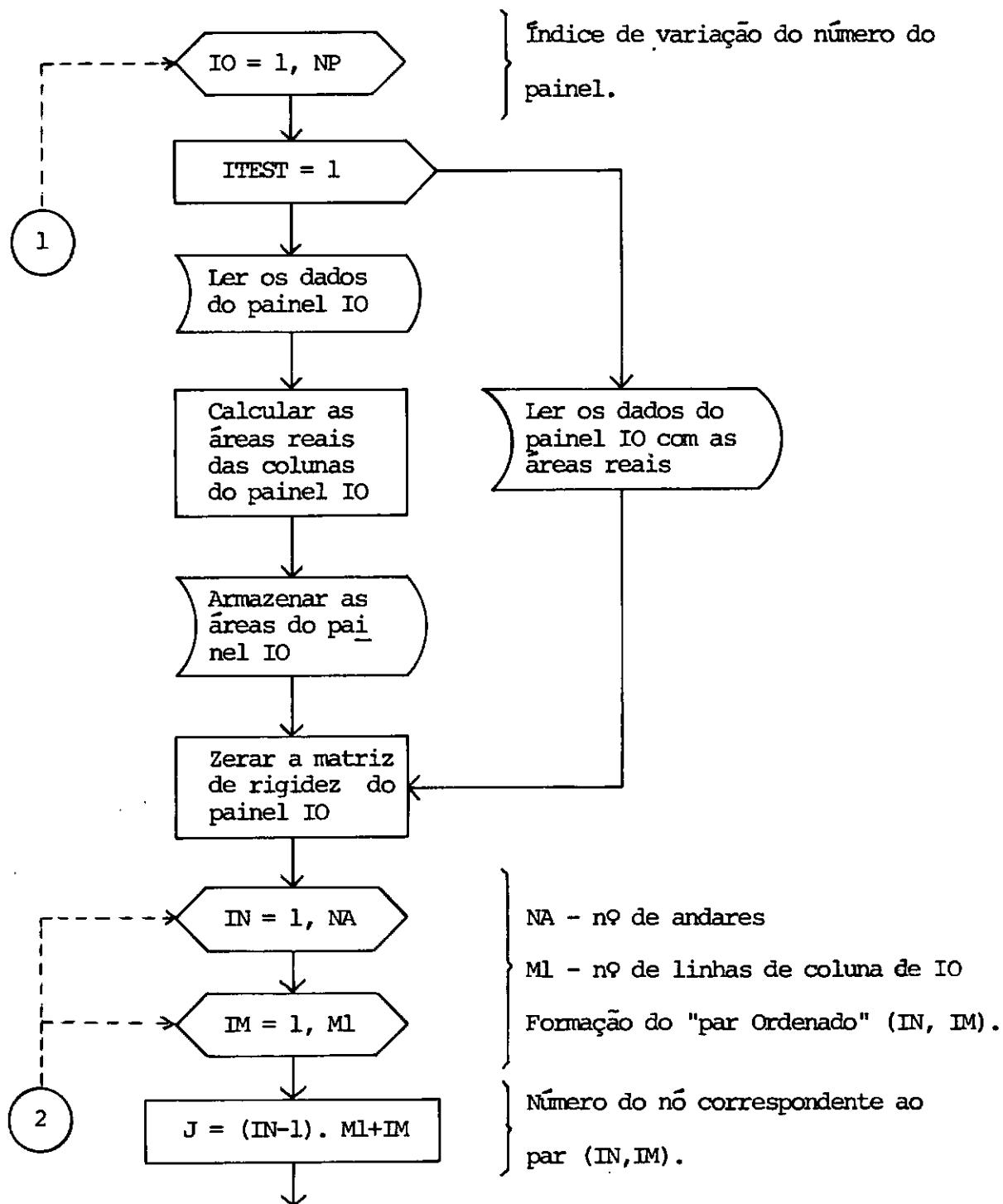


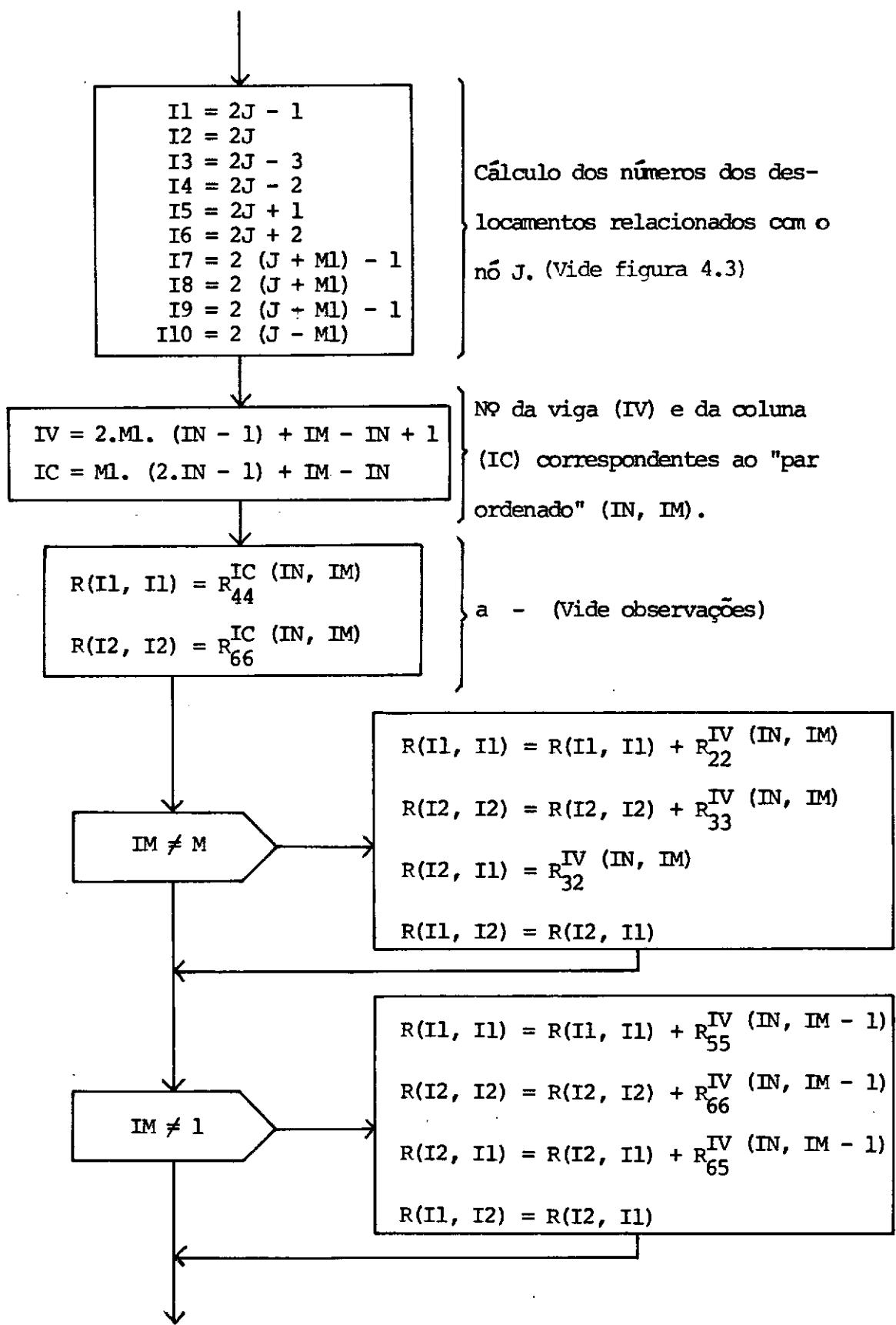


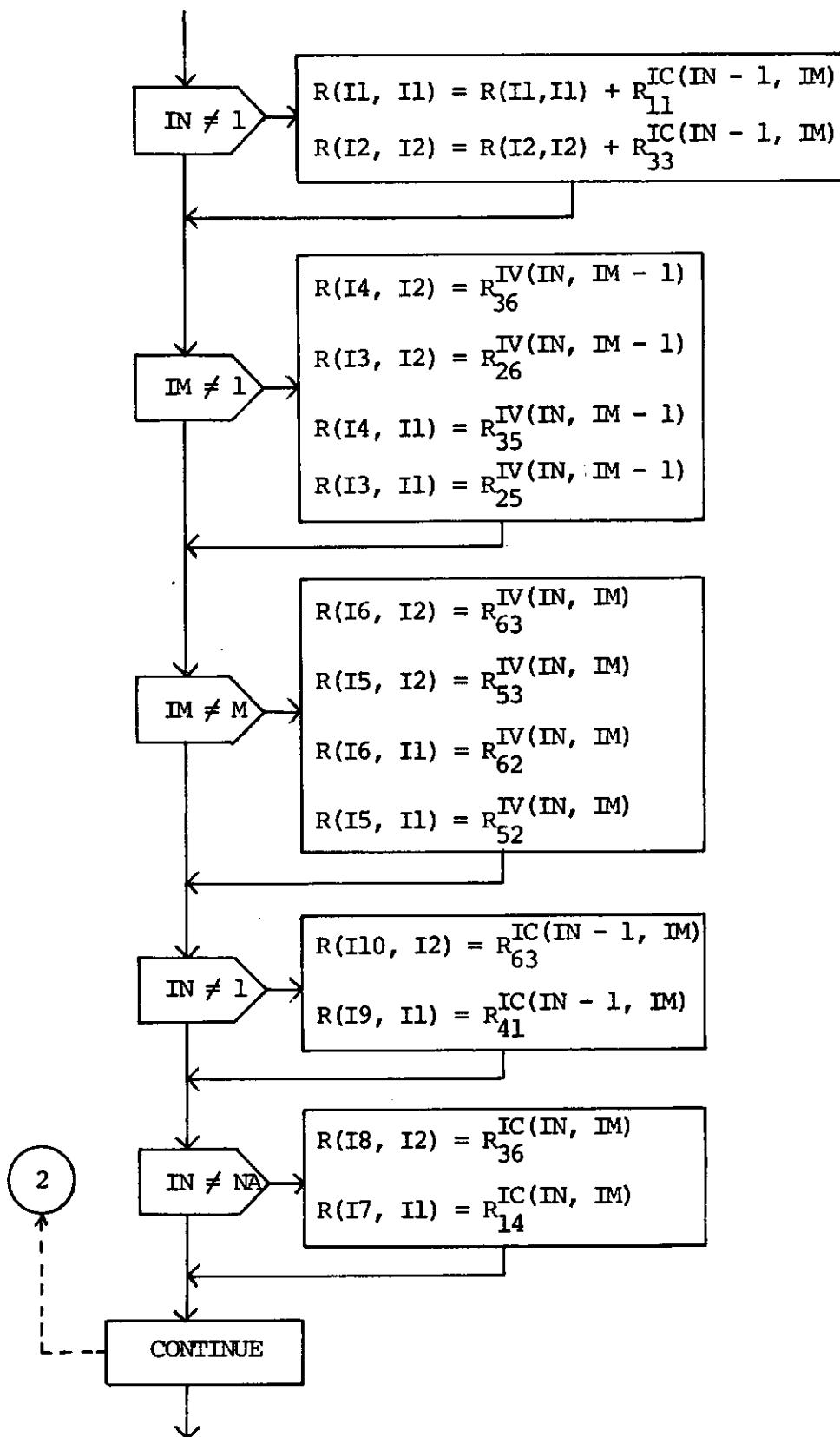
Observação

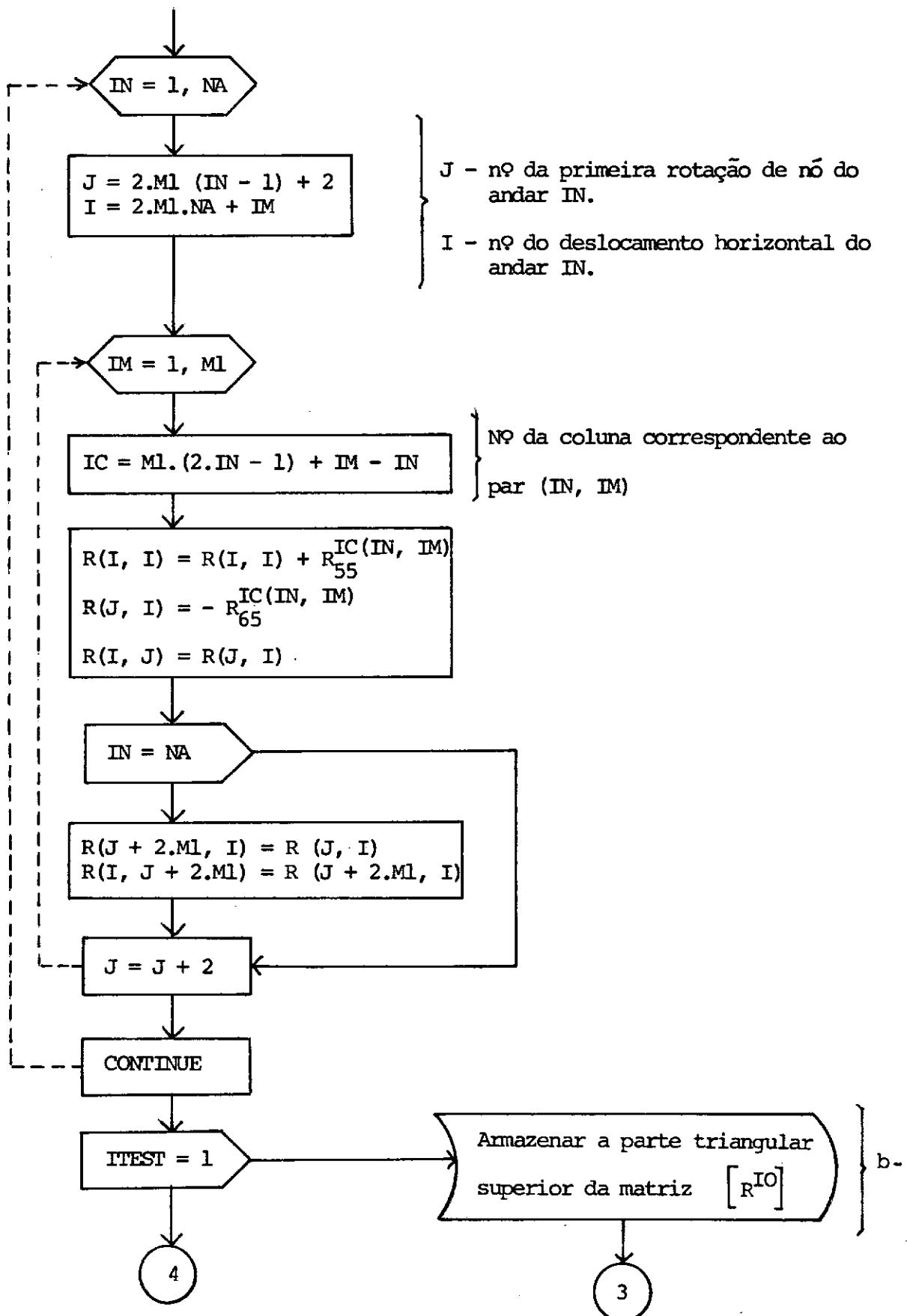
Para estruturas com pilares-parede interconectando painéis, impõe-se a condição de que os referidos pilares sejam paralelos ao eixo X.

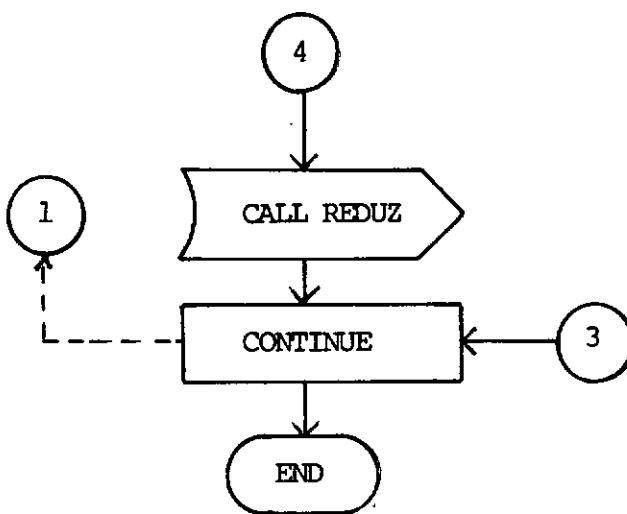
6.5 - Subrotina RIGID - Forma as matrizes de rigidez dos painéis.







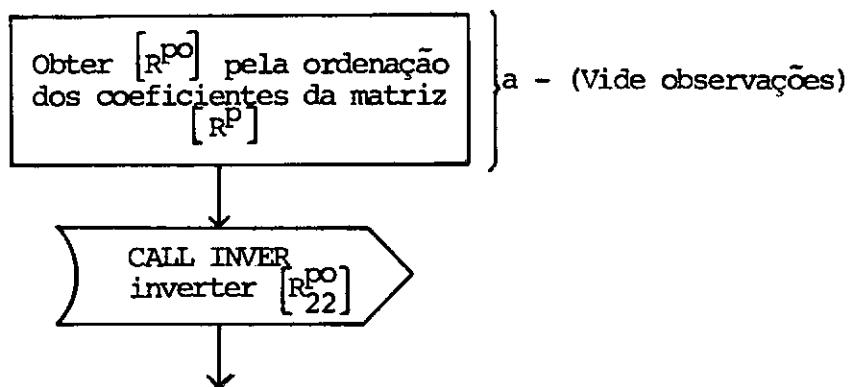


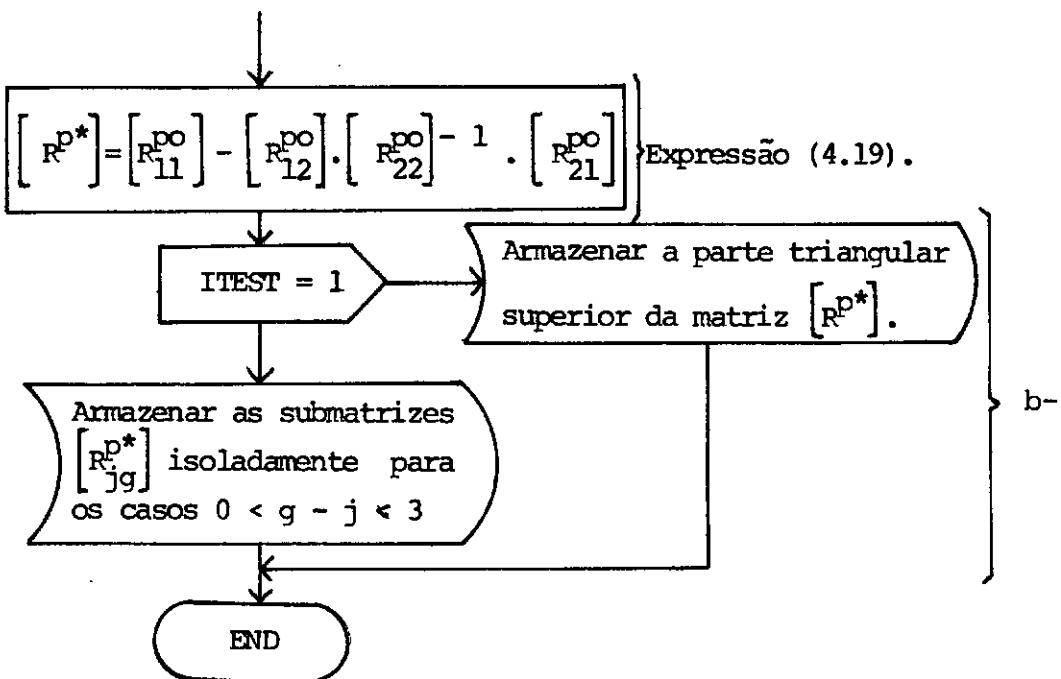


Observações

- a - A geração da matriz de rigidez de painel é feita pelas expressões (3.7) a (3.19) a partir dos coeficientes de rigidez dos elementos, $R_{tw}^{c(n,m)}$ e $R_{tw}^{v(n,m)}$. Para o cálculo destes últimos preexiste a tarefa da determinação das variáveis K e S da expressão (3.6). Quanto à variável S, valem as observações c e d do item 6.3.
- b - Faz-se apenas o armazenamento da parte triangular superior (incluida a diagonal principal) da matriz de rigidez de painel, por economia de setores do disco magnético.

6.6 - Subrotina REDUZ - Forma as matrizes de rigidez reduzidas dos painéis.



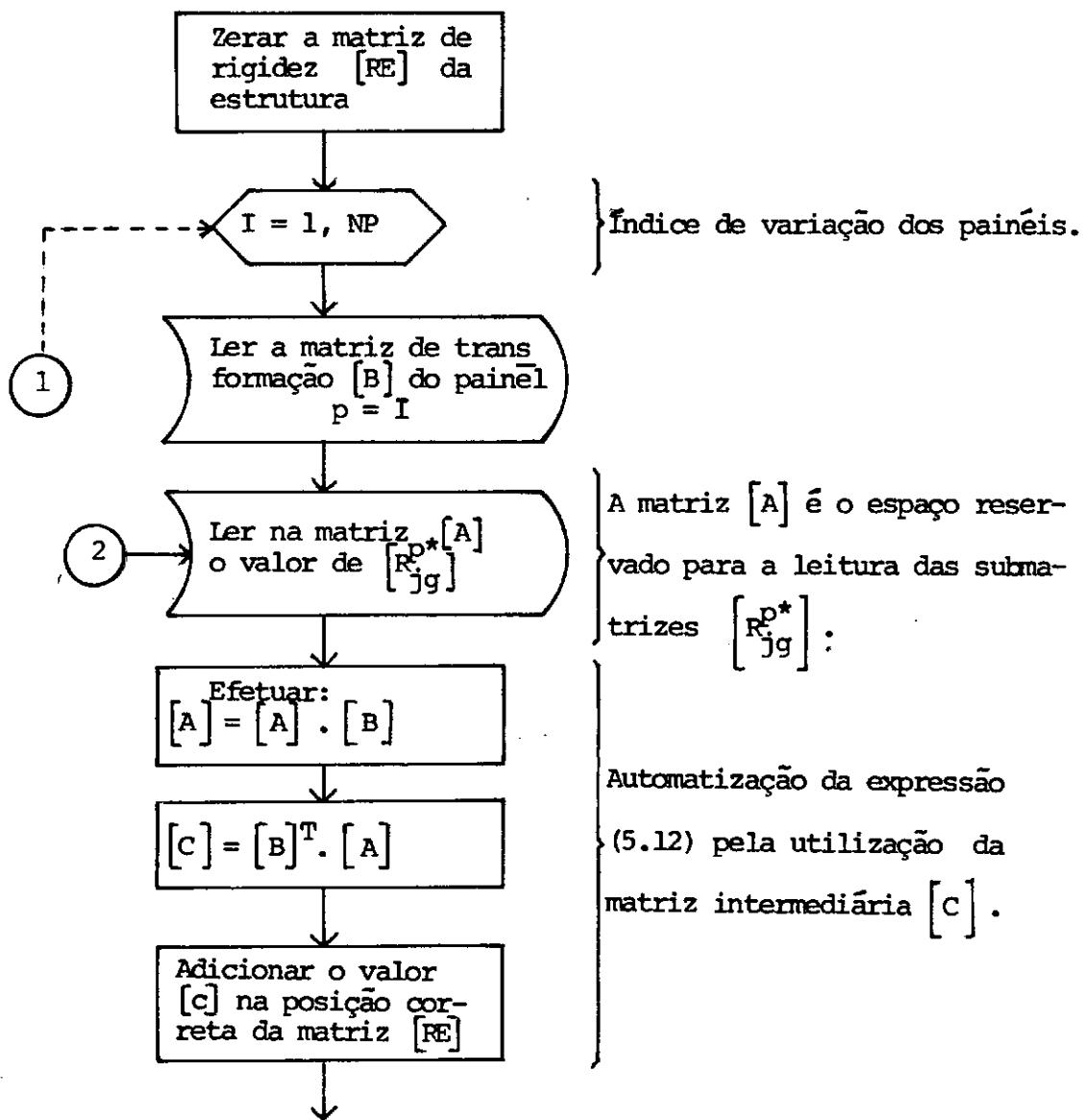


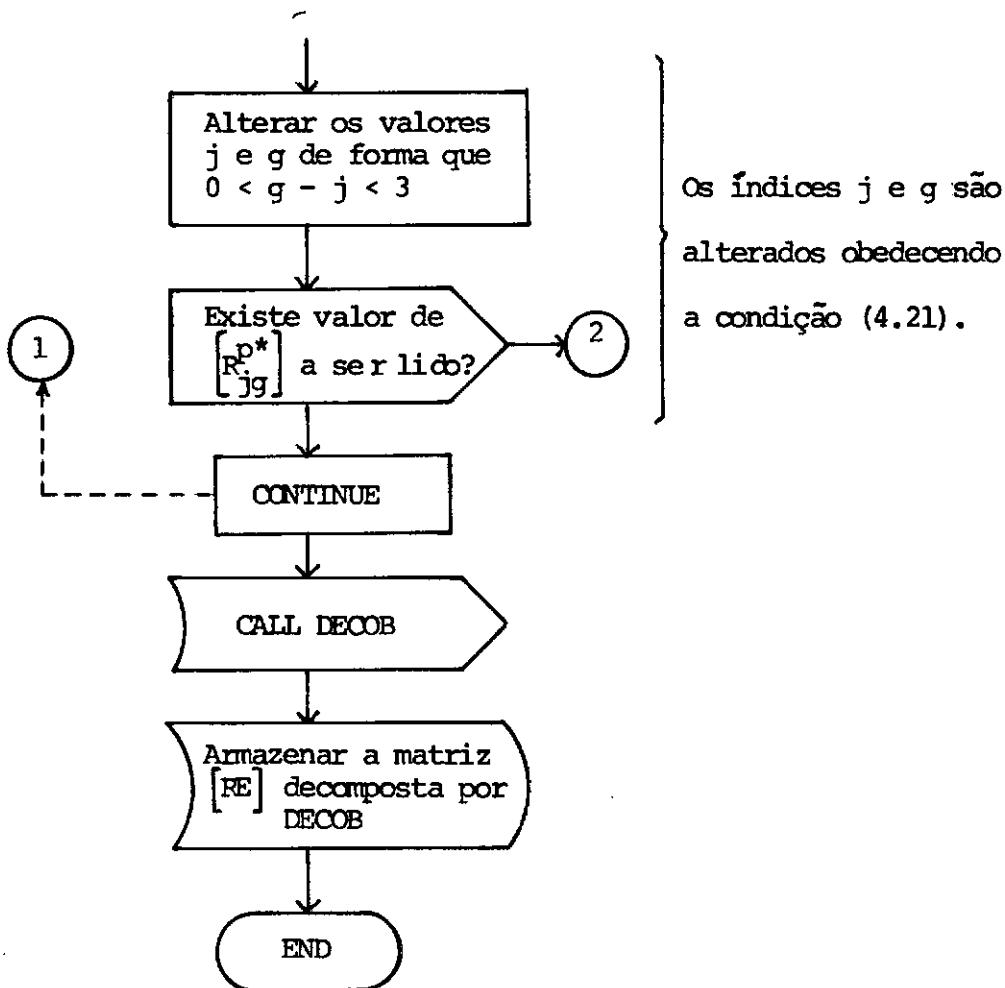
Observações

- a - A ordenação dos coeficientes da matriz de rigidez $[R^p]$ é feita pelos critérios do item 4.3. (na mesma área ocupada por $[R^p]$).
- b - A diferença entre os dois tipos de armazenamento, deve-se ao seguinte:
- 1) Quando $ITEST = 0$, o programa principal monta a matriz de rigidez da estrutura através da subrotina RIEST. Nesta fase da programação, faz-se a automatização da expressão (5.12), procurando reservar o máximo de memória interna para a matriz de rigidez $[RE]$ da estrutura. Com este intuito, reserva-se apenas uma pequena área em RIEST para $[R^p_{jg}]$. Lógicamente, quando o seu valor tiver de ser lido no disco, o mesmo deve ter sido armazenado isoladamente.

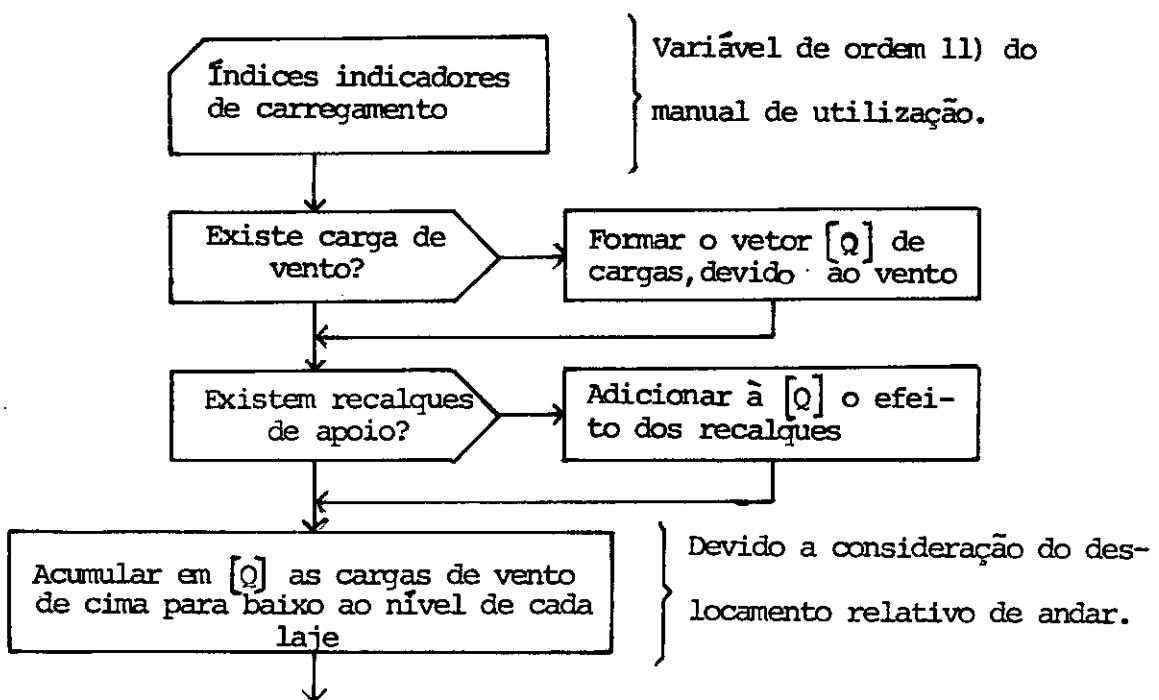
2) O armazenamento da parte triangular superior ocorre quando ITEST = 1, e o programa está na fase da análise dos painéis (subrotina DESPA). Neste caso, a memória interna será ocupada apenas pela matriz de rigidez do painel, e a leitura da mesma no disco é mais rápida quando feita de uma só vez.

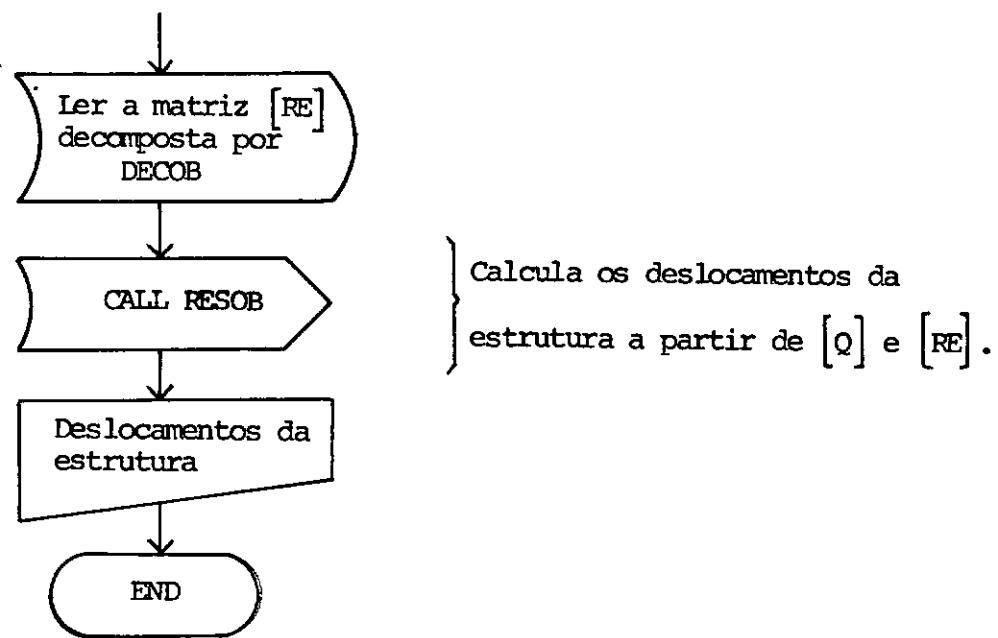
6.7 - Subrotina RIEST - Forma a matriz de rigidez da estrutura.



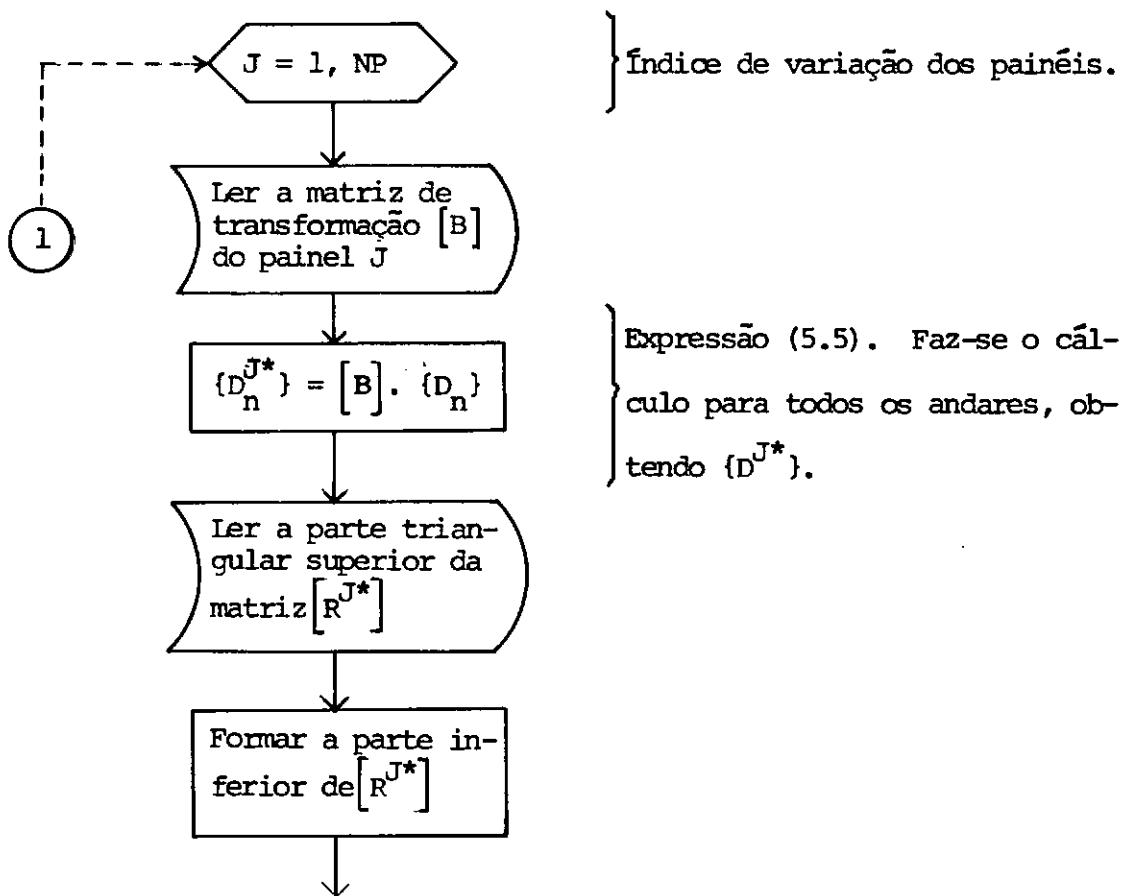


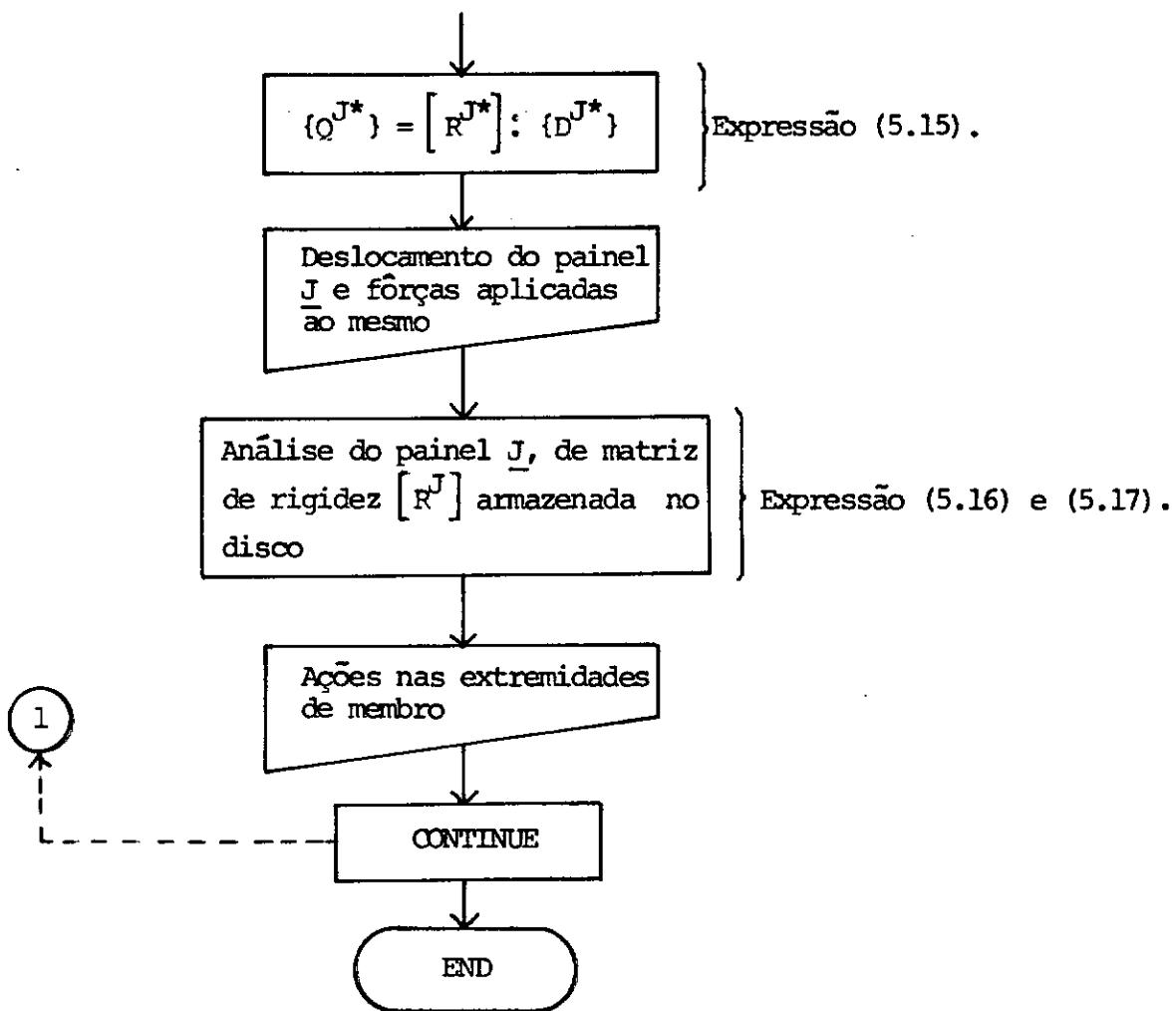
6.8 - Subrotina DIPRO - Fornece os deslocamentos da estrutura.





6.9 - Subrotina DESPA - Analisa os diversos painéis.





Capítulo VII - PROGRAMAÇÃO AUTOMÁTICA EM LINGUAGEM FORTRAN

7.1 - Listagem do programa.

PAGE 1 A 63

// JOB 2006

A 63

631425

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	2006	2006	0002
		00FF	0000
		10FF	0001

V2 M05 ACTUAL 32K CONFIG 32K

```

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESS
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
      SUBROUTINE TRANS(AB,IPP,NP,MI,NG,NN,BA,IP,M,ITP)
C === SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE TRANSFORMACAO DOS PAINEIS.
      INTEGER PO,PO1
      DIMENSION IP(2,25),IPP(10,5),MI(1),BA(1),B( 5,20),M(1),ITP(1)
C === INDICE DE VARIACAO DO NUMERO DO PAINEL.
      DO 1 I=1,NP
      PO=0
      MI=MI(I)
C === ZERAMENTO DA MATRIZ DE TRANSFORMACAO B DO PAINEL I.
      DO 2 K1=1,MI
      DO 2 K2=1,NG
      2 B(K1,K2)=0.
C === FORMACAO DA ULTIMA LINHA DA MATRIZ.
      I1=ITP(I)
      B(MI,I1)=1.
      B(MI,3)=BA(I)/AB
      IA=0
      K1=0
      JS=M(I)
C === INDICE DE VARIACAO DOS NOS DO PRIMEIRO ANDAR DO PAINEL I.
      DO 3 J=1,JS
C === TESTE DA LIBERACAO DO NO J AO DESLOCAMENTO VERTICAL.
      IF(IPP(I,J))24,24,4
      24 K1=K1+1
      GO TO 3
C === TESTE DE VERIFICACAO DO TIPO DO PAINEL I.
      4 IF(ITP(I)-1)5,5,6
C === PAINEL TIPO 1.
      5 IA=IA+1
      PO=I
      GO TO 16
C === PAINEL TIPO 2.
      6 DO 9 NO=1,NN
C === IDENTIFICAR O PAINEL (PO) DO TIPO 1 QUE INTERSEPTA O PAINEL I EM J
      IF(IP(2,NO)-I1)9,10,9
      10 IF(IP(1,NO)-PO)9,9,12
      9 CONTINUE
      12 PO=IP(1,NO)

```

PAGE 2 A 63

```
C === IDENTIFICAR O NUMERO (IA) DO NO DO PAINEL PO QUE CORRESPONDE AO
C === NO J DO PAINEL I.
1A=0
DO 13 NO=1,NN
IF(IP(1,NO)-PO)13,14,13
14 IF(IP(2,NO))13,13,15
15 IA=IA+1
IF(IP(2,NO)-I)13,16,13
13 CONTINUE
16 I1=3
IF(PO-1)17,17,18
C === VERIFICAR ATÉ O PAINEL DE ORDEM PO-1 , O NUMERO DE COLUNAS NAS
C === QUAIS SE CONSIDERA O DESLOCAMENTO VERTICAL.
18 PO1=PO-1
DO 19 K=1,PO1
19 I1=I1+MI(K)-1
20 I1=I1+IA
K2=J-K1
C === FORMACAO DOS COEFICIENTES DIFERENTES DE ZERO DAS MI(I)-1 PRIMEI-
C === RAS LINHAS DA MATRIZ B.
B(K2,I1)=1.
3 CONTINUE
C === GRAVACAO NO DISCO DA MATRIZ B DO PAINEL I.
1 WRITE(I*1)8
RETURN
END
```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR TRANS
COMMON 0 VARIABLES 216 PROGRAM 380

END OF COMPILEATION

// DUP

*DELETE TRANS
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0018

*STORE WS UA TRANS
CART ID 2006 DB ADDR 2A98 DB CNT 0018

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
SUBROUTINE RIGID(NA,E,M,MI,IPP,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NP,LLI,INP,NN,IT
*P,IP,AE,TEST)
C === SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE RIGIDEZ DOS PANEIS.
REAL KV(8,5),KC(8,5),MIZ(80)

PAGE 3 A 63

```

DIMENSION R(88,88),AR(80),AL(80),S(8,5),LLI(1),INP(1),FIC(8,5),M(1
*),AP(80),BP(80),MI(1),IPP(10,5),FG(80),FIV(8,5),AE(1),ITP(1),IP(2,
*25)

C === INDICE DE VARIACAO DO NUMERO DO PAINEL.
DO 12 IO=1,NP
C === TESTE DA IGUALDADE DO PAINEL IO A ALGUM OUTRO CUJA MATRIZ DE RI-
C === DEZ JA TENHA SIDO MONTADA.
IF(INP(IO)-IO)12,11,12
11 MI=M(IO)
IGL=2*MI*NA+NA
IF(ITEST)120,120,119
C === LEITURA NO DISCO DOS DADOS REFERENTES AO PAINEL IO.
120 IDA2=6*(IO-1)+1
READ(2*IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
C === CALCULO DAS AREAS DAS COLUNAS COMUNS A DOIS PANEIS QUE SE INTER-
C === CEPTAM.
J=0
DO 113 NO=1,NN
I2=ITP(IO)
IF(IP(I2,NO)-IO)113,114,113
114 J=J+1
DO 115 I3=1,NA
KA=(NC-1)*NA+I3
KB=M1*(2*I3-1)+J-I3
115 AR(KB)=AE(KA)
113 CONTINUE
C === GRAVACAO NO DISCO DAS AREAS CALCULADAS ANTERIORMENTE.
IDA2=6*(IO-1)+1
WRITE(2*IDA2)AR
GO TO 112
C === LEITURA NO DISCO DOS DADOS REFERENTES AO PAINEL IO COM AS AREAS
C === REAIS DAS COLUNAS.
119 IDA2=6*(IO-1)+1
READ(2*IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
C === INICIO DA MONTAGEM DA MATRIZ DE RIGIDEZ.
C === ZERAMENTO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO PAINEL.
112 DO 13 I=1,IGL
DO 13 J=1,IGL
13 R(I,J)=0.
C === FORMACAO DO PAR-ORDENADO (IN,IM).
DO 14 IN=1,NA
DO 14 IM=1,M1
C === CALCULO DE COEFICIENTES DE RIGIDEZ E DO FATOR MULTIPLICADOR,FI, DO
C === CORTANTE.
IF(IP-M1)16,17,16
16 IV=2*M1*(IN-1)+IM-IN+1
IF(FG(IV)-0.001)50,50,51
50 FIV(IN,IM)=0.
GO TO 52
51 IF(AR(IV)-0.00001)50,50,81
81 FIV(IN,IM)=(12.*E*MIZ(IV))/(FG(IV)*AR(IV)*AL(IV)**2)

```

PAGE 4 A 63

```

52 KV(IN,IM)=4.*E*MIZ(IV)/AL(IV)
17 IC=M1*(2*IN-1)+IM-IN
IF(FG(IC)-0.001)70,70,71
70 FIC(IN,IM)=0.
GO TO 72
71 FIC(IN,IM)=(12.*E*MIZ(IC))/(FG(IC)*AR(IC)*AL(IC)**2)
72 KC(IN,IM)=4.*E*MIZ(IC)/AL(IC)
IF(ITEST)121,121,122
121 IF(IPPI(IO,IM))131,122,131
131 S(IN,IM)=AR(IC)/2.*E/AL(IC)
GO TO 14
122 S(IN,IM)=AR(IC)*E/AL(IC)
14 CONTINUE
C ===== FORMACAO DO PAR-ORDENADO (IN,IM).
DO 19 IN=1,NA
DO 19 IM=1,M1
C ===== MONTAGEM DOS COEFICIENTES P/ O DESLOCAMENTO VERTICAL E O DE ROTA-
C ===== CAO DE NO.
J=(IN-1)*M1+IM
I1=2*j-1
I2=2*j
I3=2*j-3
I4=2*j-2
I5=2*j+1
I6=2*j+2
I7=2*(J+M1)-1
I8=2*(J+M1)
I9=2*(J-M1)-1
I10=2*(J-M1)
IV=2*M1*(IN-1)+IM-IN
IC=M1*(2*IN-1)+IM-IN
R(I1,I1)=S(IN,IM)
R(I2,I2)=KC(IN,IM) * (4.+FIC(IN,IM))/(4.+(1.+FIC(IN,IM)))
IF(IM-M1)22,23,22
22 R(I1,I1)=R(I1,I1)+3.*KV(IN,IM)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
R(I2,I2)=R(I2,I2)+KV(IN,IM) * (4.+FIV(IN,IM))/(4.*(1.+FIV(IN,IM)))
R(I2,I1)=3.*KV(IN,IM)/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
IF(AP(IV)-0.001)101,101,102
102 R(I2,I2)=R(I2,I2)+3.*KV(IN,IM)*AP(IV)*(1.+AP(IV)/AL(IV))/AL(IV) *
*(1./(1.+FIV(IN,IM)))
R(I2,I1)=R(I2,I1)+3.*KV(IN,IM)*AP(IV)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
101 R(I1,I2)=R(I2,I1)
23 IF(IM-1)24,21,24
24 R(I1,I1)=R(I1,I1)+3.*KV(IN,IM-1)/AL(IV-1)**2 * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
R(I2,I2)=R(I2,I2)+KV(IN,IM-1) * (4.+FIV(IN,IM-1))/(4.*(1.+FIV(IN,IM-1)))
R(I2,I1)=R(I2,I1)-3.*KV(IN,IM-1)/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))

```

PAGE 5 A 63

```

IF(SP(IV)-0.001)103,103,104
104 R(I2,I2)=R(I2,I2)+3.*KV(IN,IM-1)*BP(IV-1)*(1.+BP(IV-1)/AL(IV-1))/A
*L(IV-1) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
R(I2,I1)=R(I2,I1)-3.*KV(IN,IM-1)*BP(IV-1)/AL(IV-1)**2 * (1./(1.+FI
*V(IN,IM-1)))
103 R(I1,I2)=R(I2,I1)
21 IF(IN-1)26,27,26
26 R(I1,I1)=R(I1,I1)+S(IN-1,IM)
R(I2,I2)=R(I2,I2)+KC(IN-1,IM) * (4.+FIC(IN-1,IM))/(4.*{(1.+FIC(IN-1
*,IM)})
27 IF(IM-1)30,31,30
30 K(I4,I2)=KV(IN,IM-1)/2. * (2.-FIV(IN,IM-1))/(2.*{(1.+FIV(IN,IM-1)})
R(I3,I2)=3.*KV(IN,IM-1)/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
R(I4,I1)=-3.*KV(IN,IM-1)/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
R(I3,I1)=-3.*KV(IN,IM-1)/(AL(IV-1)**2) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
IF(AP(IV-1)+BP(IV-1)-0.001)31,31,105
105 R(I4,I2)=R(I4,I2)+3.*KV(IN,IM-1)*(AP(IV-1)+BP(IV-1)+2.*AP(IV-1)*BP
*(IV-1)/AL(IV-1))/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
R(I3,I2)=R(I3,I2)+3.*KV(IN,IM-1)*BP(IV-1)/AL(IV-1)**2 * (1./(1.+FI
*V(IN,IM-1)))
R(I4,I1)=R(I4,I1)-3.*KV(IN,IM-1)*AP(IV-1)/AL(IV-1)**2* (1./(1.+FIV
*(IN,IM-1)))
31 IF(IM-M1)32,33,32
32 R(I6,I2)=KV(IN,IM)/2. * (2.-FIV(IN,IM))/(2.*{(1.+FIV(IN,IM)})
R(I5,I2)=-3.*KV(IN,IM)/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
R(I6,I1)=3.*KV(IN,IM)/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
R(I5,I1)=-3.*KV(IN,IM)/(AL(IV)**2) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
IF(AP(IV)+BP(IV)-0.001)33,34,106
106 R(I6,I2)=R(I6,I2)+3.*KV(IN,IM)*(AP(IV)+BP(IV)+2.*AP(IV)*BP(IV)/AL(
*IV))/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
R(I5,I2)=R(I5,I2)-3.*KV(IN,IM)*AP(IV)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,I
*M1)))
R(I6,I1)=R(I6,I1)+3.*KV(IN,IM)*BP(IV)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,I
*M1)))
33 IF(IN-1)34,35,34
34 R(I10,I2)=KC(IN-1,IM)/2. * (2.-FIC(IN-1,IM))/(2.*{(1.+FIC(IN-1,IM)})
*)
R(I9,I1)=-S(IN-1,IM)
35 IF(IN-NA)20,19,20
20 R(I8,I2)=KC(IN,IM)/2. * (2.-FIC(IN,IM))/(2.*{(1.+FIC(IN,IM)})
R(I7,I1)=-S(IN,IM)
19 CONTINUE
C === MONTAGEM DOS COEFICIENTES P/ O DESLOCAMENTO HORIZONTAL DE ANDAR.
DO 18 IN=1,NA
J=2*M1*(IN-1)+2
I=2*M1*NA+IN
DO 38 IM=1,M1
IC=M1*(2*IN-1)+IM-IN
R(I,I)=R(I,I)+3.*KC(IN,IM)/AL(IC)**2 * (1./(1.+FIC(IN,IM)))
R(J,I)=3.*KC(IN,IM)/(2.*AL(IC)) * (1./(1.+FIC(IN,IM)))

```

PAGE 6 A 63

```

R(I,J)=R(J,I)
IF(IN-NA)28,38,28
28 J1=J+2*M1
R(J1,I)=R(J,I)
R(I,J1)=R(J,I)
38 J=J+2
18 CONTINUE
IF(ITEST)116,116,117
C === GRAVACAO NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ DE RIGID
C === DEZ DE PAINEL.
117 IDA5=25*(IO-1)+1
      WRITE(5,IDA5)((R(IT,J),J=IT,IGL),IT=1,IGL)
C === CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES REDUZIDAS.
116 CALL REDUZ(IO,NA,M,MI,LLI,IPP,R,IGL,ITEST)
12 CONTINUE
RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR RIGID
COMMON 0 VARIABLES 15928 PROGRAM 2628

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE RIGID
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 00B8

*STORE WS UA RIGID
CART ID 2006 DB ADDR 29FB DB CNT 00B8

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SCRIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

SUBROUTINE INVER(A,LII,LSI)

C === SUBROTINA DE INVERSAO DE MATRIZES POR PARTICAO.

DIMENSION A(88,88),G(88),H(88)

NN=LS-1

A(LII,LII)=1/A(LII,LII)

DO 110 M=LII,NN

K = M+ 1

DO 60 I=LII,M

G(I)=0.

DO 60 J=LII,M

60 G(I)=G(I)+A(I,J)*A(J,K)

D=0.

DO 70 I=LII,M

70 D=D+A(K,I)*G(I)

PAGE 7 A 63

```

E=A(K,K)-D
A(K,K)=1./E
DO 80 I=LII,M
80 A(I,K)=-G(I)*A(K,K)
DO 90 J=LII,M
H(J)=0.
DO 90 I=LII,M
90 H(J) = H(J)+A(K,I)*A(I,J)
DO 100 J=LII,M
100 A(K,J)=-H(J)*A(K,K)
DO 110 I=LII,M
DO 110 J=LII,M
110 A(I,J) = A(I,J)-G(I)*A(K,J)
RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR INVER
COMMON 0 VARIABLES 364 PROGRAM 420

END OF COMPILEATION

// DUP

*DELETE INVER
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 0B CNT 001C

*STORE WS UA INVER
CART ID 2006 DB ADDR 2A97 0B CNT 001C

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

```

SUBROUTINE REDUZINP,NA,M,MI,LLI,IPP,R,LS,ITEST)
C ===== SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE RIGIDEZ REDUZIDAS OBTIDAS PE-
C ===== LAS LIBERACOES DAS ROTACOES DE NO E DOS DESLOCAMENTOS VERTICIAIS
C ===== QUE NAO CORRESPONDAM A INTERSECOES DE PAINELIS.
DIMENSION M(1),MI(1),R(88,88),IPP(10,5),LLI(1),G(88)
C ===== ORDENACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DE PAINEL.

```

```

NL=0
DO 108 IN=1,NA
L=0
II=(IN-1)*M(NP)+1
IS=IN*M(NP)
DO 113 J=II,IS
K=J-(IN-1)*M(NP)
IF(IPP(NP,K))104,105,104
105 NL=NL+1
GO TO 113

```

PAGE 8 A 63

```

104 LI=J-NL+IN-1
    KS=2*(J-1)+IN
106 IF(LI-KS)107,113,107
107 DO 109 I2=1,LS
    TEMP=R(KS,I2)
    R(KS,I2)=R(KS-1,I2)
109 R(KS-1,I2)=TEMP
    DO 140 I2=1,LS
    TEMP=R(I2,KS)
    R(I2,KS)=R(I2,KS-1)
140 R(I2,KS-1)=TEMP
    KS=KS-1
    GO TO 106
113 CONTINUE
    IF(L)108,110,108
110 L=1
    LI=LI+1
    KS=2*(NP)*NA+IN
    GO TO 106
108 CONTINUE
C === INVERSAO DA SUB-MATRIZ R22 REFERENTE AS LIGACOES A SEREM LIBERA-
C === DAS.
    LII=LII+1
    CALL INVERIR,LII,LS
C === PRODUTO DE R12 PELA INVERSA DE R22.
    DO 122 I=1,LI
    DO 123 J=LII,LS
123 G(J)=0.
    DO 124 J=LII,LS
    DO 124 K=LII,LS
124 G(J)=G(J)+R(I,K)*R(K,J)
    DO 122 J=LII,LS
122 R(I,J)=G(J)
C === OPERACOES FINAIS PARA OBTENCAO DA MATRIZ REDUZIDA.
    DO 127 I=1,LI
    DO 128 J=1,LI
128 G(J)=0.
    DO 129 J=1,LI
    DO 129 K=LII,LS
129 G(J)=G(J)+R(I,K)*R(K,J)
    DO 127 J=1,LI
127 R(I,J)=R(I,J)-G(J)
    IDA3=21*(NP-1)+1
    IF(ITEST)131,132,131
C === GRAVACAO NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ REDUZIDA
131 WRITE(3*IDA3)((R(I,J),J=I,LI),I=1,LI)
    GO TO 50
C === GRAVACAO NO DISCO DA MATRIZ REDUZIDA DIVIDINDO-A NAS SUB-MATRIZES
C === RIJ, TAL QUE J-I SEJA MAIOR DO QUE ZERO E MENOR DO QUE -3.
132 NV=0

```

PAGE 9 A 63

```

NH=0
72 IA=1+NV*MI(NP)
IB=IA+MI(NP)-1
IC=1+NH*MI(NP)
ID=IC+MI(NP)-1
WRITE(3'IDA3)((R(I,J),I=IA,IB),J=IC,IO)
IF(NA-3)80,B1,81
80 IF(NH-NV-1)68,69,69
81 IF(NH-NV-2)68,69,69
68 NH=NH+1
IF(NH*MI(NP)-LI)70,69,69
69 NV=NV+1
IF(NV*MI(NP)-LI)71,50,50
71 NH=NV
70 IDA3=IDA3+1
GO TO 72
50 LLI(NP)=LI
RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR REDUZ
COMMON 0 VARIABLES 200 PROGRAM 818

END OF COMPILEATION

// DUP

*DELETE REDUZ
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0033

*STORE WS UA REDUZ
CART ID 2006 DB ADDR 2A80 DB CNT 0033

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

```

SUBROUTINE RIEST(MI,LLI,NG,NA,NP,LL,LB,INP)
C === SUBROTINA FORMADORA DA MATRIZ DE RIGIDEZ EM FAIXA DA ESTRUTURA ,
C === ARMAZENADA EM MATRIZ RETANGULAR.
DIMENSION RE(152,57),G(20),MT(1),B(5,20),A(5,20),LLI(1),INP(1),C(12
*0,20)
C === ZERAMENTO DA MATRIZ RE.
LL=NA*NG
IF(NA-3)16,6,7
6 LB=LL
GO TO 8
7 LB=3*NG

```

PAGE 10 A 63

```

8 DO 9 I=1,LL
DO 9 J=1,LB
9 RE(I,J)=0.
C === MONTAGEM DA MATRIZ CONSIDERANDO AS CONTRIBUICOES DOS DIVERSOS
C === PAINELIS.
DO 50 I=1,NP
KA=INP(I)
LI=LLI(KA)
MI=MI(I)
NV=0
NH=0
C === LEITURA NO DISCO DA MATRIZ DE TRANSFORMACAO B.
READ(1'1)B
IDA3=21*(INP(I)-1)+1
C === LEITURA DE NOVA SUBMATRIZ RIJ EM CADA FASE DA MONTAGEM.
72 READ(3'1IDA3)(IA(I1,K),I1=1,M1),K=1,M1
DO 59 I1=1,M1
DO 57 J1=1,NG
57 G(J1)=0.
DO 58 J1=1,NG
DO 58 K=1,M1
58 G(J1)=G(J1)+A(I1,K)*B(K,J1)
DO 59 J1=1,NG
59 A(I1,J1)=G(J1)
DO 65 I1=1,NG
DO 64 J1=1,NG
64 C(I1,J1)=0.
DO 65 J1=1,NG
DO 65 K=1,M1
65 C(I1,J1)=C(I1,J1)+B(K,I1)*A(K,J1)
IA=1+NV*NG
IB=IA+NG-1
IC=1+NH*NG
ID=IC+NG-1
DO 66 I1=IA,IB
DO 66 K=IC,ID
KA=K-I1+1
IF(KA)66,66,67
67 IA2=I1-IA+1
KA2=K-IC+1
RE(I1,KA)=RE(I1,KA)+C(IA2,KA2)
66 CONTINUE
IF(NA-3)80,81,81
80 IF(NH-NV-1)68,69,69
81 IF(NH-NV-2)68,69,69
68 NH=NH+1
IF(NH*M1-LI)70,69,69
69 NV=NV+1
IF(NV*M1-LI)71,50,50
71 NH=NV
70 IDA3=IDA3+1

```

PAGE 11 A 63

```

GO TO 72
50 CONTINUE
C === CHAMADA DA SUBROTINA DECOMPOSITORA DA MATRIZ RE.
CALL DECOB(LL,LB,RE)
C === GRAVACAO NO DISCO DA MATRIZ DECOMPOSTA.
IDA4=1
WRITE(4'IDA4)((RE(K1,I1),I1=1,LB),K1=1,LL)
RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR RIEST
COMMON 0 VARIABLES 18590 PROGRAM 666

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE RIEST
CART ID 2006 DB ADDR 2704 DB CNT 002A

*STORE WS UA RIEST
CART ID 2006 DB ADDR 2A89 DB CNT 002A

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*ONE WORD INTEGERS

*LIST SOURCE PROGRAM

SUBRGUTINE DECOB(LL,LB,RE)

C === SUBROTINA DECOMPOSITORA DA MATRIZ RE EM UMA MATRIZ FAIXA TRIANGULAR
C === LAR SUPERIOR, QUE MULTIPLICADA PELA SUA TRANSPosta FORNECE A PRIMEIRA.

DIMENSION RE(152,57)

DO 100 I=1,LL

IP=LL-I+1

IF(LB-IP)101,102,102

101 IP=LB

102 DO 100 J=1,IP

IQ=LB-J

IF(I-I-IQ)104,105,105

104 IQ=I-1

105 SUM=RE(I,J)

IF(IQ-1)106,107,107

107 DO 108 K=1,IQ

IA=I-K

JA=J+K

108 SUM=SUM-RE(IA,K+1)*RE(IA,JA)

106 IF(J-1)109,110,109

109 RE(I,J)=SUM*TEMP

GO TO 100

PAGE 12 A 63

```

110 IF(SUM)111,111,112
111 WRITE(5,113)I,J,SUM
113 FORMAT(//,5X,'SUBROTAINA NAO ADEQUADA PARA A RESOLUCAO DO SISTEMA -
1- PARE. I=',I3,'. J=',I3,'. SUM=',F10.4,'')
      STOP
112 IF(SUM-0.1)114,115,115
114 WRITE(5,116)SUM
116 FORMAT(//,5X,'SUM =',F8.5,' *** O PEQUENO VALOR DESTA VARIAVEL PODE
1 TER INTRODUZIDO ERRO NA RESOLUCAO DO SISTEMA ***')
115 TEMP=1./SQRT(SUM)
      RE(I,J)=TEMP
100 CONTINUE
      RETURN
      END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR DECOB
COMMON 0 VARIABLES 14 PROGRAM 332

END OF COMPILEATION

// DUP

```

*DELETE          DECOB
CART ID 2006    DB ADDR 27D4    DB CNT  0016

*STORE          WS UA DECOB
CART ID 2006    DB ADDR 2A9D    DB CNT  0016

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
      SUBROUTINE DIPRO(ILL,LB,NA,NG,AB,V,ITEM,NE,E,H,AE,NN,FR)
C ===== SUBROTAINA FORMADORA DOS VETORES DE CARGA E CALCULADORA DOS DESLO-
C ===== CAMENTOS DA ESTRUTURA.
      DIMENSION RE(152,57),V(1),BA(19),Q(160),H(1),QA(3),NAC(10),REC(14)
      *,AE(1),FR(1)
C ===== LEITURA DE COMENTARIOS E DE INDICES INDICADORES DE CARREGAMENTO.
      READ(8,55)IVENT,IRECA,(BA(J),J=1,19)
      55 FORMAT(2I2,19A4)
C ===== IMPRESSAO DOS COMENTARIOS LIDOS.
      WRITE(5,57)(BA(J),J=1,19)
      57 FORMAT(//,5X,19A4,2X,30('*'),/)
C ===== ZERAMENTO DOS VETORES DE CARGA.
      DO 117 I=1,NN
      117 FR(I)=0.
      DO 54 I=1,LL
      54 Q(I)=0.
      IF(IVENT)95,97,56

```

PAGE 13 A 63

C === LEITURA E COMPOSICAO DO VETOR DE CARGA DEVIDO AOS EFEITOS DE VENTO.

```

56 WRITE(5,99)IVENT
99 FORMAT(5X,'CARREGAMENTO DE VENTO NUMERO',I3,/5X,'ANDAR',6X,'CARGA
*X',5X,'CARGA Y',5X,'MOMENTO Z')
      J=0
      DO 58 I=1,NA
      READ(8,59)I4,(QA(K),K=1,3),(NAC(K),K=1,10)
      59 FORMAT(15,3F5.0,10I5)
      WRITE(5,I13)IA,(QA(K),K=1,3)
113 FORMAT(I9,3F12.1)
      KI=(NA-IA)*NG+1
      Q(KI)=QA(1)
      Q(KI+1)=QA(2)
      Q(KI+2)=QA(3)
      J=J+1
      DO 110 K=1,10
      IF(NAC(K))111,111,112
112 WRITE(5,I14)NAC(K)
114 FORMAT(I9,3I8X,'IDEM')
      KKI=(NA-NAC(K))*NG+1
      Q(KKI)=QA(1)
      Q(KKI+1)=QA(2)
      Q(KKI+2)=QA(3)
110 J=J+1
111 IF(J-NA)58,98,98
      58 CONTINUE

```

C === ACUMULACAO DAS CARGAS DEVIDAS AO VENTO.

```

98 NS=NA-1
      DO 120 I=1,NS
      KI=I*NG+1
      KA=KI-NG
      Q(KI)=Q(KI)+Q(KA)
      Q(KI+1)=Q(KI+1)+Q(KA+1)
120 Q(KI+2)=Q(KI+2)+Q(KA+2)
      IF(IRECA)95,82,79
      97 IF(IRECA)95,95,79
      95 ITEM=2
      RETURN

```

C === LEITURA E COMPOSICAO DO VETOR DE CARGA DEVIDO AOS EFEITOS DE REFORCO.

C === CALQUES VERTICIAIS DE APOIO.

```

79 WRITE(5,80)IRECA
80 FORMAT(5X,'ABATIMENTO DE FUNDACAO NUMERO',I3,/5X,'NUMERO DO PILAR'
*,5X,'ABATIMENTO')
85 READ(8,B1)(REC(K),K=1,14),I1
81 FORMAT(14F5.0,15)
      DO 40 K=1,13,2
      IF(REC(K)-C.1)41,41,42
42 WRITE(5,43)REC(K),REC(K+1)
43 FORMAT(F14.0,F19.3)

```

PAGE 14 A 63

```

NRA=(NA-1)*NG+REC(K)+3
IA=NA*REC(K)
Q(NRA)==E*REC(K+1)*AE(IA)/H(NA)
IA=REC(K)
40 FR(IA)=Q(NRA)
41 IF(I1)85,82,85
C === LEITURA NO DISCO DA MATRIZ FAIXA DECOMPOSTA POR DECOB.
82 IDA4=1
READ(4*IDA4)((IRE(K1,I1),I1=1,LB),K1=1,LL)
C === CHAMADA DA SUBROTINA RESOLVEDORA DO SISTEMA DE EQUACOES.
CALL RESOB(LL,LB,RE,Q,V)
DO 70 I=3,LL,NG
70 V(I)=V(I)/AB
ITEM=1
C === IMPRESSAO DOS DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA.
WRITE(5,10)NE
10 FORMAT(/5X,'DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA NUMERO',I3,/5X,36('''),//,
*5X,'DESLOCAMENTOS RELATIVOS DE ANDAR')
WRITE(5,11)
11 FORMAT(5X,'ANDAR',5X,'DESL.HOR.EM X',5X,'DESL.HOR.EM Y',5X,'ROTACA
10 DE ANDAR')
DO 12 I=1,NA
IA=NA-I+1
J=(I-1)*NG+1
12 WRITE(5,13)IA,V(J),V(J+1),V(J+2)
13 FORMAT(I8,F17.5,F18.5,F21.5)
WRITE(5,14)
14 FORMAT(/5X,'DESL. VERTICIAIS AO NIVEL DOS ANDARES NOS SEGUINTES PIL
*ARES',/5X,'ANDAR',3(5X,'PILAR - DESL.'),/)
KS=NG-3
DO 15 I=1,NA
IA =NA-I+1
WRITE(5,16)IA
16 FORMAT('+' ,I7)
DO 15 K=1,KS,3
J=(I-1)*NG+3+K
WRITE(5,18)K,V(J)
18 FORMAT('+' ,10X,I8,F11.5)
KT=K+1
IE(KT-KS)19,19,15.
19 WRITE(5,21)KT,V(J+1)
21 FORMAT('+' ,28X,I8,F11.5)
KT=K+2
IF(KT-KS)22,22,15
22 WRITE(5,23)KT,V(J+2)
23 FORMAT('+' ,46X,I8,F11.5)
15 WRITE(5,24)
24 FORMAT(1X)
RETURN
END

```

PAGE 15 A 63

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR DIPRO

COMMON 0 VARIABLES 17756 PROGRAM 1262

END OF COMPILEATION

// DUP

*DELETE DIPRO
CART ID 2006 DB ADDR 2903 DB CNT 0051

*STORE WS UA DIPRO
CART ID 2006 DB ADDR 2A62 DB CNT 0051

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*ONE WORD INTEGERS

*LIST SOURCE PROGRAM

```
SUBROUTINE RESOB(LL,LB,RE,Q,V)
C ===== SUBROTINA RESOLVEDORA DO SISTEMA DE EQUACOES A PARTIR DA MATRIZ
C ===== FAIXA TRIANGULAR SUPERIOR OBTIDA POR DECUB.
      DIMENSION RE(152,57),Q(1),V(1)
      DO 120 I=1,LL
      J=I-LB+1
      IF(I+1-LB)121,121,122
121  J=1
122  SUM=Q(I)
      I1=I-1
      IF(J-I1)124,124,120
124  DO 125 K=J,I1
      KA=I-K+1
125  SUM=SUM-RE(K,KA)*V(K)
120  V(I)=SUM*RE(I,1)
      DO 130 IA=1,LL
      I=LL-IA+1
      J=I+LB-1
      IF(J-LL)128,128,127
127  J=LL
128  SUM=V(I)
      I1=I+1
      IF(I1-J)129,129,130
129  DO 131 K=I1,J
      KA=K-I+1
131  SUM=SUM-RE(I,KA)*V(K)
130  V(I)=SUM*RE(I,1)
      RETURN
      END
```

PAGE 16 A 63

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR RESOB
COMMON 0 VARIABLES 10 PROGRAM 256

END OF COMPILE

// DUP

*DELETE RESOB
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0011

*STORE WS UA RESOB
CART ID 2006 DB ADDR 2AA2 DB CNT 0011

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*ONE WORD INTEGERS

*LIST SOURCE PROGRAM

SUBROUTINE DESPA(NA,M,MI,NG,IPP,V,NP,INP,LLI,E,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,
*NN,ITP,IP,FR)

C === SUBROTINA ANALISADORA DOS PAINELIS. CALCULA AS ACOES NAS EXTREMIDADES DOS DIVERSOS MEMBROS.

REAL MIZ(80)

DIMENSION AL(80),AR(80),FG(80),AP(80),BP(80),RM(6,6),DM(6),AML(6),
*M(11),MI(1),V(1),D(88),B(5,20),IPP(10,5),INP(1),R(82,88),LLI(1),F(8

*8),FR(11),ITP(1),IP(2,25)

DO 10 J=1,NP

C === LEITURA DA MATRIZ DE TRANSFORMACAO DO PAINEL J.

READ(1'J)B

KK=INP(J)

LI=LLI(KK)

C === CALCULO DOS DESLOCAMENTOS DO PAINEL J EM SUA NUMERACAO REDUZIDA.

DO 1 IA=1,NA

II=(IA-1)*MI(J)+1

IS=II+MI(J)-1

KI=(IA-1)*NG+1

KS=KI+NG-1

DO 1 I=II,IS

D(I)=0.

I2=I-II+1

DO 1 K=KI,KS

K2=K-KI+1

1 DII)= D(I)+B(I2,K2)*V(K)

C === LEITURA NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ REDUZIDA

C === DO PAINEL J.

IDIA3=21*(KK-1)+1

READ(3'IDIA3)((R(I,J4),J4=I,LI),I=1,LI)

C === FORMACAO DA PARTE TRIANGULAR INFERIOR DA MATRIZ ANTERIOR.

DO 82 I=1,LI

PAGE 17 A 63

```

DO 82 J4=I,LI
82 R(J4,I)=R(I,J4)
C === CALCULO DAS FORCAS ATUANTES NO PAINEL J.
DO 51 I=1,LI
F(I)=0.
DO 51 K=1,LI
51 F(I)=F(I)+R(I,K)*D(K)
C === RENUMERACAO DAS FORCAS E DOS DESLOCAMENTOS.
KF=2*M(J)*NA+1
DO 3 IA=1,NA
I=IA+MI(J)
D(KF)=D(I)
F(KF)=F(I)
3 KF=KF+1
DO 13 IA=1,NA
I=(NA-IA+1)+MI(J)-1
K=2*(NA-IA+1)*M(J)
M1=M(J)
DO 13 KA=1,M1
KO=M1-KA+1
IF(IPP(J,KO))7,6,7
6 D(K-1)=0.
F(K-1)=0.
GO TO 8
7 D(K-1)=D(I)
F(K-1)=F(I)
I=I-1
8 F(K)=0.
13 K=K-2
C === SUBTRACAO DOS ESFORCOS DEVIDO AOS RECALQUES DE APOIO.
J1=0
DO 113 NO=1,NN
I2=ITP(J)
IF(IP(I2,NO)-J)113,114,113
114 J1=J1+1
KB=2*((NA-1)*M(J)+J1)-1
F(KB)=F(KB)-FR(NO)
113 CONTINUE
C === IMPRESSAO DAS FORCAS ATUANTES NO PAINEL J.
WRITE(5,54)J
54 FORMAT(//5X,'FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO',I3,1X,10(''),/5X,
*ANDAR',3X,'FORCA HORIZONTAL',3X,'NO',3X,'FORCA VERTICAL',/)
DO 55 IA=1,NA
JA=NA-IA+1
II=(IA-1)*M(J)+1
IS=II+MI(J)-1
K=2*M(J)*NA+IA
F(K)=F(K)-F(K-1)
WRITE(5,56)JA,F(K),II,F(2*II-1)
56 FORMAT(I8,F16.3,I10,F13.3)

```

PAGE 18 A 63

```

F(K)=F(K)+F(K-1)
II=II+1
DO 55 I=II,IS
55 WRITE(5,58)I,F(2*I-1)
58 FORMAT(I34,F13.3)
C === LEITURA NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO PAINEL J.
IDA5=25*(KK-1)+1
IGL=2*M(J)*NA+NA
READ(5*IDA5)(R(I1,J1),J1=II,IGL),I1=1,IGL
C === FORMACAO DA PARTE TRIANGULAR INFERIOR DA MATRIZ ANTERIOR.
DO 70 II=1,IGL
DO 70 J1=II,IGL
70 R(J1,II)=R(II,J1)
C === INVERSAO DA MATRIZ R.
CALL INVER(R,1,IGL)
C === CALCULO DOS DESLOCAMENTOS COMPLETOS DO PAINEL J.
DO 30 I=1,IGL
D(I)=0.
DO 30 K=1,IGL
30 D(I)=D(I)+R(I,K)*F(K)
C === LEITURA NO DISCO DOS DADOS REFERENTES AOS MEMBROS DO PAINEL J.
IDA2=6*(KK-1)+1
READ(2*IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
WRITE(5,49)J
49 FORMAT(//5X,'ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL NUMERO',
*13,/5X,'MEMBRO',4X,'AEM1',5X,'AEM2',5X,'AEM3',5X,'AEM4',5X,'AEM5',
*5X,'AEM6',/)
C === CALCULO DAS ACOES NAS EXTREMIDADES DE MEMBRO.
KF=2*NA*M(J)
NEL =NA*(2*M(J)-1)
DO 31 IN=1,NA
DO 31 IM=1,M1
IF(IM-M1)33,32,33
33 K=0
I=2*M1*(IN-1)+IM-IN+1
47 DO 34 II=1,6
DO 34 I2=1,II
34 RM(II,I2)=0.
IF(FG(II)-0.001)35,35,36
35 FI=0.
GO TO 37
36 IF(AR(I)-0.00001)35,35,38
38 FI=(12.*E*MIZ(I))/(FG(I)*AR(I)*AL(I)**2)
C === FORMACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ RM DO MEMBRO I.
37 RM(1,1)=E*AR(I)/AL(I)
RM(4,1)=-RM(1,1)
RM(4,4)=RM(1,1)
EC=1./(1.+FI)
RM(2,2)=(12.*E*MIZ(I)/AL(I)**3)*EC
RM(5,2)=-RM(2,2)

```

PAGE 19 A 63

```

RM(5,5)=RM(2,2)
RM(3,2)=(6.*E*MIZ(I)/AL(I)**2)*EC
RM(6,2)=RM(3,2)
RM(5,3)=-RM(3,2)
RM(6,5)=-RM(3,2)
RM(3,3)=(4.+FI)*E*MIZ(I)/AL(I)*EC
RM(6,6)=RM(3,3)
RM(6,3)=(2.-FI)*E*MIZ(I)/AL(I)*EC
IF(AP(I)+BP(I)-0.001)20,20+21
21 R(3,2)=R(3,2)+12.*E*MIZ(I)*AP(I)*EC/AL(I)**3
R(3,3)=R(3,3)+12.*E*MIZ(I)*AP(I)*(1.+AP(I)/AL(I))*EC/AL(I)**2
R(6,2)=R(6,2)+12.*E*MIZ(I)*BP(I)*EC/AL(I)**3
R(5,3)=R(5,3)-12.*E*MIZ(I)*AP(I)*EC/AL(I)**3
R(6,3)=R(6,3)+6.*E*MIZ(I)*(AP(I)+BP(I)+2.*AP(I)*BP(I)/AL(I))*EC/AL
*I)**2
R(6,5)=R(6,5)-12.*E*MIZ(I)*BP(I)*EC/AL(I)**3
R(6,6)=R(6,6)+12.*E*MIZ(I)*BP(I)*(1.+BP(I)/AL(I))*EC/AL(I)**2
20 DO 39 I1=1,6
DO 39 I2=1,11
39 RM(I2,I1)=RM(I1,I2)
NO=(IN-1)*M1+IM
IF(K)40,41,40
C === FORMACAO DO VETOR DM DOS DESLOCAMENTOS DAS EXTREMIDADES DO MEMBRO
C === VIGA.
41 DM(1)=0.
DM(2)=D(2*NO-1)
DM(3)=D(2*NO)
NO1=NO+1
DM(4)=0.
DM(5)=D(2*NO1-1)
DM(6)=D(2*NO1)
GO TO 42
C === FORMACAO DO VETOR DM DOS DESLOCAMENTOS DAS EXTREMIDADES DO MEMBRO
C === COLUNA.
40 NO1=NO+M1
DM(1)=0.
DM(2)=0.
N1=KF+IN
IF(NA-IN)90,90,91
90 DM(4)=D(2*NO-1)
DM(3)=0.
GO TO 92
91 DM(4)=D(2*NO-1)-D(2*NO1-1)
DM(3)=D(2*NO1)
92 DM(5)=-D(N1)
DM(6)=D(2*NO)
C === PRODUTO RM POR DM.
42 DO 43 I1=1,6
AML(I1)=0.
DO 43 I2=1,6

```

PAGE 20 A 63

```

43 AML(I1)=AML(I1)+RM(I1,I2)*DM(I2)
C ===== IMPRESSAO DAS ACOES NAS EXTREMIDADES DE MEMBRO.
      WRITE(5,44)I,(AML(I1),I1=1,6)
44 FORMAT(5X,I5,F10.3,5F9.3)
      IF(I-NEL)45,10,10
45 IF(K)31,32,31
32 K=1
      I=M1*(2*IN-1)+IM-IN
      GO TO 47
31 CONTINUE
10 CONTINUE
      RETURN
      END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR DESPA
COMMON 0 VARIABLES 16192 PROGRAM 2244

END OF COMPILATION

// DUP

```
*DELETE          DESPA
CART ID 2006    DB ADDR 27D4    DB CNT  0095
```

```
*STORE          WS UA DESPA
CART ID 2006    DB ADDR 2A1E    DB CNT  0095
```

```

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE
*I0CS(2501READER,1403PRINTER,DISK)
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
C ===== PROGRAMA PRINCIPAL P/ O CALCULO DO EFEITO DE VENTO E DISTRIBUICAO
C ===== DOS ESFORCOS DEVIDO A RECALQUES VERTICAIS DE APOIO EM ESTRUTURAS
C ===== DE EDIFICIO COM AS SEGUINTES RESTRICCOES DE CALCULO =
C ===== A- PAINELIS PERPENDICULARES ENTRE SI.
C ===== B- ESTRUTURAS DE ATE 16 INTERSECOES DE PAINELIS, 8 ANDARES E 10
C ===== PAINELIS COM VIGAS DE NO MAXIMO 4 VAOS.
      REAL MIZ(80),
      DIMENSION AR(80),AL(80),M(10),V(160),FG(80),FR(16),IPP(10,5),ITP(1
      *0),MI(10),BA(19),IP(2,25),X(20),Y(20),C(10,5),AP(80),BP(80),NPI(9
      *,HI(5),IIF(5),ISU(5),H(10),LLI(10),INP(10),AE(160)
      DEFINE FILE 1(10,200,U,IDA1),2(60,160,U,IDA2),3(210,72,U,IDA3),4(5
      *5,320,U,IDA4)+5(250,320,U,IDA5)
C ===== IMPRESSAO DO CABECALHO.
      WRITE(5,6)
6  FORMAT(1H1,4X,'PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL',9X,'-',9X,'COPPE/UFRJ
      *',/5X,57(' -'),/5X,'ANALISE DE ESTRUTURAS DE EDIFICIO LATERALMENTE
```

PAGE 21 A 63

```

*CARREGADAS*,/5X,57('-*'),/5X,'PROGRAMA VENTO',22X,'HUMBERTO LIMA SO
*RIANG*',/5X,57('-*'))
C === LEITURA E IMPRESSAO DOS DADOS GERAIS DA ESTRUTURA.
· 998 READ(8,1)NE,(BA(J),J=1,19)
· 1 FORMAT(14,19A4)
· IF(NE)999,999,9
· 9 WRITE(5,8)(BA(J),J=1,19),NE
· 8 FORMAT(//5X,19A4,//5X,'ESTRUTURA NUMERO',I3,7X,'-*',6X,'UNIDADES EM
· * TON. E METRO')
· READ(8,2)NP,NA,NN,OJX,OJY,E,G
· 2 FORMAT(3I5,2F5.0,2E10.7)
· WRITE(5,10)NP,NA,NN,E,G
· 10 FORMAT(//5X,'DADOS ESTRUTURAIS',9X,'-*',//5X,I2,' PAINELIS',I10,' AND
· *ARES',I10,' NOS EM PLANTA',//5X,'MODULO DE ELASTICIDADE LONGITUDIN
· *AL',F15.0,/5X,'MODULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL',F16.0)
· WRITE(5,15)OJX,OJY
· 15 FORMAT(//5X,'COORDENADAS DO CENTRO DE TORCAO',7X,'X =',F5.1,7X,'Y
· *=',F5.1,/)
C === LEITURA DE DADOS E FORMACAO DO VETOR DAS ALTURAS DAS COLUNAS.
· 18 READ(8,11)I,HI(I),IIF(I),ISU(I)
· 11 FORMAT(15,F5.0,2I5)
· WRITE(5,5)HI(I),IIF(I),ISU(I)
· 5 FORMAT(5X,'ALTURA DE ANDAR',F5.1,I3X,'INICIO =',I3,7X,'FIM =',I3)
· K=1
· IF(ISU(I)=NA)18,12,12
· 12 DO 17 I=1,K
·   J1=NA+1-IIF(I)
·   J2=NA+1-ISU(I)
·   DO 17 J=J2,J1
· 17 H(J)=HI(I)
C === LEITURA E IMPRESSAO DA LISTA DE INCIDENCIA DOS PAINELIS.
· WRITE(5,19)
· 19 FORMAT(//5X,'COORDENADAS DOS NOS EM PLANTA',7X,'PAINEL QUE INTERS
· *EPTA',//5X,'NO1,9X,'X',10X,'Y',9X,'PAINEL // A X    PAINEL // A Y')
· READ(8,31)(J,X(J),Y(J),IP(1,J),IP(2,J),IA=1,NN)
· 3 FORMAT(15,2F5.0,3I5,2F5.0,3I5,2F5.0,2I5)
· WRITE(5,20) (J,X(J),Y(J),IP(1,J),IP(2,J),J=1,NN)
· 20 FORMAT(5X,I2,2F11.2,2I16)
C === ANALISE DA TOPOLOGIA DA ESTRUTURA.
· NG=3
· DO 26 I=1,NN
·   K=IP(1,I)
·   IF(K)22,22,23
· 23 ITP(K)=1
· 22 K=IP(2,I)
·   IF(K)26,26,25
· 25 ITP(K)=2
·   IF(IP(1,I))26,26,21
· 21 NG=NG+1
· 26 CONTINUE
· AB=0.

```

PAGE 22 A 63

```

DO 28 I=1,NP
J=0
L=0
M(I)=0
K=ITP(I)
DO 29 NO=1,NN
IF(IP(K,NO)-I)29,31,29
31 J=J+1
M(I)=M(I)+1
IF(K-1)32,35,32
32 C(I,J)=Y(NO)
BA(I)=X(NO)-OJX
IF(IP(K-1,NO))36,35,36
35 IPP(I,J)=0
GO TO 29
33 C(I,J)=X(NO)
BA(I)=OJY-Y(NO)
IF(IP(K+1,NO))36,35,36
36 IPP(I,J)=1
L=L+1
29 CONTINUE
MI(I)=L+1
IF(AB-ABS(BA(I)))38,28,28
38 AB=ABS(BA(I))
28 CONTINUE
C ===== CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE TRANSFORMACAO.
CALL TRANS(AB,IPP,np,mi,ng,nn,ba,ip,m,ITP)
K=NA*NN
DO 80 J=1,K
80 AE(J)=0.
C ===== LEITURA, IMPRESSAO E ARMAZENAMENTO NO DISCO DOS DADOS REFERENTES
C ===== AOS DIVERSOS PAINEIS.
I1=0
DO 86 I=1,np
READ(8,90)IO,NVBR,NVEC,NPEC,(NPI(J),J=1,9)
90 FORMAT(13I5)
WRITE(5,41)IO
41 FORMAT(// ,5X,'DADOS PARA O PAINEL NUMERO =',13,/ ,5X,31(''-''),/5X,''
*X,'COMPR.',3X,'AREA',3X,'M.INERC.',2X,'BREEV',3X,'BREDEV',4
*X,'FFEC',/)
NEL=NA*(2*M(I0)-I)
DO 92 J=1,NEL
AR(J)=0.
FG(J)=0.
AP(J)=0.
92 BP(J)=0.
IF(NVBR)87,87,88
88 READ(8,91)(IA,AP(IA),BP(IA),J=1,NVBR)
91 FORMAT(5(15,2E5.0))
87 IF(NVEC)107,107,89
89 READ(8,91)(IA,AR(IA),FG(IA),J=1,NVEC)

```

PAGE 23 A 63

```

107 IF(NPEC)109,109,110
110 READ(8,43)(IA,FG(IA),J=1,NPEC)
109 READ(8,43)(IA,MIZ(IA),J=1,NEL)
43 FORMAT(8(I5,E5.0))
NC=NA*M(IO)
READ(8,43)(IA,AR(IA),J=1,NC)
C === CALCULO DO COMPRIMENTO DOS ELEMENTOS.
K=1
47 KS=K+M(IO)-2
DO 77 J=K,KS
JA=J-K+1
77 AL(J)=C(IO,JA+1)-C(IO,JA)-AP(J)-BP(J)
K=J
KS=K+M(IO)-1
DO 44 J=K,KS
NH=(K+M(IO)-1)/(2*M(IO)-1)
44 AL(J)=H(NH)
JA=2*M(IO)*NA-MI(IO)-NA+1
IF(J-JA)46,46,45
46 K=J
GO TO 47
45 WRITE(5,48)(J,AL(J),AR(J),MIZ(J),AP(J),BP(J),FG(J),J=1,NEL)
48 FORMAT(18,F9.2,F8.3,F10.5,F8.2,F8.2,F8.2)
DO 120 J=1,NEL
IF(FG(J)-0.001)120,120,121
121 FG(J)=G/FG(J)
120 CONTINUE
C === FORMACAO DO VETOR AE DAS AREAS REAIS DAS COLUNAS DA ESTRUTURA.
J=0
DO 81 NO=1,NN
I2=ITP(IO)
IF(IPI(I2,NO)-IO)81,82,81
82 J=J+1
DO 83 I3=1,NA
KA=(NO-1)*NA+I3
KB=M(IO)*(2*I3-1)+J-I3
83 AE(KA)=AE(KA)+AR(KB)
81 CONTINUE
INP(IO)=IO
IDA2=6*I(I0-1)+1
WRITE(2*IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
I1=I1+1
C === VERIFICACAO DOS PAINELIS DE DADOS IDENTICOS AO ANTERIOR.
DO 96 J1=1,9
IF(NPI(J1))100,100,93
93 IA=NPI(J1)
J=0
DO 84 NO=1,NN
I2=ITP(IA)
IF(IPI(I2,NO)-IA)84,85,84

```

PAGE 24 A 63

```

85 J=J+1
DO 52 I3=1,NA
  KA=(NC-1)*NA+I3
  KB=M(IA)*(2*I3-1)+J-I3
52 AE(KA)=AE(KA)+AR(KB)
84 CONTINUE
INP(IA)=10
II=II+1
96 WRITE(5,94)NP(J1)
94 FORMAT(5X,'O PAINEL',I3,' TEM OS MESMOS DADOS DO PAINEL ANTERIOR'
*)
100 IF(II-NP)86,101,101
86 CONTINUE
101 ITEST=0
C === CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE RIGIDEZ DE PAINEL
C === CONSIDERANDO A METADE DA RIGIDEZ AXIAL DAS COLUNAS CORRESPONDEN-
C === TES A INTERSECOES DE PAINEIS.
CALL RIGID(INA,E,M,MI,IPP,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NP,LLI,INP,NN,ITP,IP,A
 *E,ITEST)
C === CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DA MATRIZ DE RIGIDEZ DA ESTRUTRA A
C === PARTIR DAS CONTRIBUICOES DOS PAINEIS.
CALL RIEST(MI,LLI,NG,NA,np,LL,LB,INP)
ITEST=1
C === CHAMADA DA SUBROTINA RIGID CONSIDERANDO A RIGIDEZ AXIAL REAL DAS
C === COLUNAS.
CALL RIGID(INA,E,M,MI,IPP,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NP,LLI,INP,NN,ITP,IP,A
 *E,ITEST)
C === CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DOS VETORES DE CARGA E CALCULADORA
C === DOS DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA.
51 CALL DIPRO(LL,LB,NA,NG,AB,V,ITEM,NE,E,H,AE,NN,FR)
GO TO 169,951,ITEM
C === CHAMADA DA SUBROTINA CALCULADORA DOS DESLOCAMENTOS DE PAINEL E A-
C === COES NAS EXTREMIDADES DE MEMBRO.
69 CALL DESPAINA,M,MI,NG,IPP,V,NP,INP,LLI,E,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NN,ITP
 *,IP,FR)
GO TO 51
95 GO TO 998
999 CALL EXIT
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS
IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
COMMON 0 VARIABLES 2138 PROGRAM 2128

END OF COMPILATION

// DUP

7.2 - Conclusões acerca da eficiência do programa.

Da forma em que foi estruturado o programa para o computador IBM 1130, a área ocupada pela maior das matrizes de rigidez representa cerca de 60% da memória interna necessária ao processamento do mesmo. A expressão (4.1), $n_p = 2.M.Na + Na$, determina a ordem da matriz $[R^p]$ e as expressões (2.1), $n_{gt} = Na.n_g$, e (5.14), $lb = (d+1) n_g$, determinam a ordem ($n_{gt} \times lb$) da matriz de rigidez da estrutura armazenada em matriz retangular.

Apesar das hipóteses simplificadoras e o tratamento em faixa da matriz $[RE]$, as estruturas a serem analisadas pelo presente programa têm o seu tamanho limitado em:

16 interseções de painéis

8 andares

vigas de no máximo 4 vãos

10 painéis (condição não significativa, desde que a sua variação implica em uma oscilação mínima no gasto de memória).

A tabela 7.1 apresenta, para estruturas de tamanhos diversos, uma estimativa da memória interna necessária ao processamento do programa (em variáveis reais), visando a sua adaptação a computadores maiores.

Tabela 7.1 - Estimativa do número de variáveis reais na memória interna do computador para o cálculo de estruturas de diversos tamanhos.

NA	M (máximo)	Ordem de $[R^p]$	$ j-q >$ (precisão)	Nº de interse- ções de painéis	Ordem de [RE]	Maior matriz	Nº de variá- veis reais da maior matriz	Nº de variáveis reais na memória interna ne- cessárias ao processa- mento.
8	5	(88x88)	2	16	(152x57)	[RE]	8.664	14.400
12	6	(156x156)	3	20	(276x92)	[RE]	25.392	42.300
16	6	(208x208)	2	27	(480x90)	[R ^p]	43.264	72.000
16	6	(208x208)	3	24	(432x108)	[RE]	46.656	78.000
20	6	(260x260)	2	30	(660x99)	[R ^p]	67.600	113.000
20	7	(300x300)	3	34	(740x148)	[RE]	109.520	182.000
24	6	(312x312)	2	36	(936x117)	[RE]	109.512	182.000

Verifica-se (principalmente para uma precisão mais acurada de $|j-g| > 3$) que o gasto de memória é bastante elevado. Surge, no entanto, a possibilidade da adaptação do programa a um processo iterativo. Pode-se reestruturá-lo de forma automática nas seguintes etapas:

- a) Divisão da estrutura em um certo número de blocos de andares.
- b) Cálculo do bloco superior sob o efeito das cargas de vento.
- c) Cálculo dos demais blocos (de cima para baixo) sob o efeito do vento mais as cargas verticais e horizontais transmitidas pelo bloco imediatamente superior.
- d) Novo cálculo da sequência de blocos (de baixo para cima) impondo além das referidas cargas, recalques de apoio iguais aos deslocamentos verticais dos topo das colunas, do bloco imediatamente inferior ao bloco em estudo.
- e) Repetição da sequência de cálculo até obter-se uma aproximação razoável.

É evidente, que o novo programa seria de execução demonstrada, compensada, no entanto, pela possibilidade de calcular grandes estruturas carregadas lateralmente.

Uma outra possibilidade de análise de grandes estruturas

ras é montar a matriz de rigidez em faixa, considerando de cada vez apenas um bloco de andares cuja matriz seja compatível com a memória interna do computador e a seguir armazená-la na memória auxiliar. Nesta etapa, há de considerar o efeito de um bloco sobre o outro, que no caso de $|j-g| > 2$ se restringe a uma zona de influência de dois andares. A seguir o problema se resume em resolver um sistema de equações lineares, cuja matriz dos coeficientes se encontra armazenada em blocos na memória auxiliar.

Estas ideias o autor pretende aplicá-las em seus estudos futuros, bem como buscar novas técnicas que permitam soluções mais exatas e análise de estruturas mais generalizadas.

A P È N D I C E

A - Notações utilizadas no desenvolvimento teórico.

- $[M]$ - matriz quadrada ou retangular.
- $\{M\}$ - matriz coluna.
- $[M]^{-1}$ - matriz inversa da matriz $[M]$.
- $[M]^T$ - matriz transposta da matriz $[M]$.
- N_a - número de andares da estrutura e de seus diversos painéis.
- M - número total de linhas de coluna do painel genérico p .
- $\{d^i\}$ - deslocamentos nodais do elemento genérico i .
- $\{q^i\}$ - ações correspondentes aos deslocamentos $\{d^i\}$.
- E - módulo de elasticidade longitudinal.
- G - módulo de elasticidade transversal.
- A - área da seção transversal do elemento genérico i .
- l - comprimento de i .
- I - momento de inércia de i em relação ao eixo z_m do sistema local.
- ϕ - parâmetro da deformação por cortante.
- f - fator de forma da seção transversal.
- a e b - comprimento dos trechos rígidos de viga.
- R_{tw}^i - coeficiente de rigidez tw do elemento i .
- $R_{tw}^{c(n,m)}$ - idem para o elemento-coluna de "par ordenado" (n,m) .
- $R_{tw}^{v(n,m)}$ - idem para o elemento-viga de "par ordenado" (n,m) .
- $[R^i]$ - matriz de rigidez do elemento i .
- D_j^i - deslocamento de ordem j do painel genérico p .
- n_p - número total dos deslocamentos D_j^i de p .

- $\{D^P\}$ - matriz dos n_p deslocamentos do painel p .
- $\{Q^P\}$ - cargas atuantes em p segundo os deslocamentos $\{D^P\}$.
- m_p - número dos deslocamentos reduzidos por andar de p .
- $\{D_n^{p*}\}$ - matriz dos m_p deslocamentos reduzidos do n -éximo andar do painel p .
- $\{D^{p*}\}$ - deslocamentos reduzidos dos Na andares de p .
- $\{Q_n^{p*}\}$ - cargas atuantes em p segundo os deslocamentos $\{D_n^{p*}\}$.
- $\{Q^{p*}\}$ - idem para os deslocamentos $\{D^{p*}\}$.
- $R^P(j,g)$ - coeficiente de rigidez jg do painel p .
- $[R^P]$ - matriz de rigidez do painel p .
- $[R^{po}]$ - matriz de rigidez ordenada do painel p .
- $[R^{p*}]$ - matriz reduzida do painel p .
- $[R_{jg}^{p*}]$ - submatriz dos efeitos no j -éximo andar de p , devidos a deslocamentos unitários reduzidos no andar g .
- P - número total de painéis da estrutura.
- $[B^P]$ - matriz de transformação do painel p .
- O_n - centro de torção do n -éximo andar.
- D_{nj} - deslocamento de ordem j do n -éximo andar da estrutura.
- n_g - número dos deslocamentos da estrutura por andar.
- n_{gt} - número total dos deslocamentos da estrutura.
- $\{D_n\}$ - deslocamentos do n -éximo andar da estrutura.
- $\{D\}$ - deslocamentos do Na andares da estrutura.
- $\{Q_n\}$ - cargas atuantes na estrutura no n -éximo andar segundo os deslocamentos $\{D_n\}$.
- $\{Q\}$ - idem para os deslocamentos dos Na andares da estrutura, $\{D\}$.

- $[RE]$ - matriz de rigidez da estrutura.
 - $[RE_{jg}]$ - submatriz dos efeitos no j-ézimo andar da estrutura, devidos a deslocamentos unitários no andar g.
 - Lb - largura da faixa superior da matriz faixa $[RE]$.
-

B - Manual de utilização do programa

a) Cartões de dados para análise de uma estrutura.

A numeração à esquerda é a ordem de cada sequência de variáveis (dados) especificadas no item que se segue.

	Nº de Cartões	Multiplicador	Variáveis	Formato
1)	1		NE, BA(J) Para J = 1 até 19	I4, 19A4
2)	1		NP, NA, NN, OJX, OJY, E, G	3I5, 2F5.0, 2E10.7
3)	Nº de vezes que a altura de coluna varia + 1	x 1	I, HI(I), IIF(I), ISU(I)	I5, F5.0, 2I5
4)	$\frac{NN}{3}$ ou $\frac{NN}{3} + 1$		J, X(J), Y(J), IP(1,J), IP(2,J)	3(I5, 2F5.0, 2I5)
5)	1		IO, NVBR, NVEC, NPEC, NPI(J) Para J = 1 até 9	I13
6)	$\frac{NVBR}{5}$ ou $\frac{NVBR}{5} + 1$		IA, AP(IA), BP(IA)	5(I5, 2F5.0)
7)	$\frac{NVEC}{5}$ ou $\frac{NVEC}{5} + 1$		IA, AR(IA), FG(IA)	5(I5, 2E5.0)
8)	$\frac{NPEC}{8}$ ou $\frac{NPEC}{8} + 1$		IA, FG(IA)	8(I5, F5.0)
9)	<u>Nº de membros</u> ou 8 <u>Nº de membros</u> + 1 8	NP - $\sum NPI$	IA, MIZ(IA)	8(I5, E5.0)
10)	<u>Nº de colunas</u> ou 8 <u>Nº de colunas</u> + 1 8		IA, AR(IA)	-
11)	1		IVENT, IRECA, BA(J) Para J = 1 até 19	2I2, 19A4
12)	Nº de andares desigualmente carregados	Nº de casos de carregamento.	IA, Q(K), Q(K + 1), Q(K + 2), NAC(J) Para J = 1 até 10	I5, 3F5.0, 10I5
13)	<u>Nº de pilares recalados</u> 14		REC(K) Para K = 1 até 14, IL	14F5.0, I5

b) Especificação das variáveis dos cartões de dados.

- 1) NE - número da estrutura a ser analisada.
 Se NE ≤ 0 \Rightarrow CALL EXIT
- BA(J) - variável para leitura de comentários.
- 2) NP - número de painéis.
- NA - número de andares.
- NN - número de nós (pilares) em planta.
- OJX, OJY - coordenadas do centro de torção.
- E - módulo de elasticidade longitudinal.
- G - módulo de elasticidade transversal.
- 3) I - índice contador (a partir de um) das variações das alturas das colunas.
- II(I) - altura correspondente ao índice anterior.
- IIF(I) - primeiro andar com a citada altura de coluna (os andares devem ser contados de baixo para cima).
- ISU(I) - último andar com a citada altura de coluna.
- 4) J - numeração do pilar (nó) em planta.
- X(J), Y(J) - coordenadas do nó J.
- IP(1, J) - nº do painel paralelo ao eixo X (painel tipo 1) que contenha J.
- IP(2, J) - idem para o painel paralelo ao eixo Y (painel tipo 2).
- 5) IO - número do painel dos dados fornecidos a seguir.
- NVBR - número de vigas do painel IO com trechos rígidos em suas extremidades.

- NVEC - número de vigas do painel IO nas quais se considera o efeito do cortante.
- NPEC - idem para as colunas.
- NPI(J) - numeração dos painéis com os mesmos dados e graus de liberdade que o painel anterior IO.
- 6) IA - número da viga com trechos rígidos em suas extremidades.
- AP(IA) - comprimento do trecho rígido da extremidade esquerda da viga IA.
- BP(IA) - idem para a extremidade direita.
- 7) IA - número da viga em que se considera o efeito do cortante.
- AR(IA) - área da referida viga.
- FG(IA) - fator de forma f para a consideração do efeito do cortante na viga IA.
- 8) IA - número da coluna em que se considera o efeito do cortante.
- FG(IA) - fator de forma f para a consideração do efeito do cortante na coluna IA.
- 9) IA - número do elemento viga ou coluna.
- MIZ(IA) - momento de inércia do elemento anterior IA.
- 10) IA - número de cada elemento coluna.
- AR(IA) - área da seção transversal da coluna IA.
- 11) IVENT - número do caso de carregamento de vento a ser analisado.
 Se IVENT = 0 \longrightarrow Não há carregamento de vento e o programa verificará a existência de recalques de apoio.

- IRECA - número do conjunto de recalques a ser analisado juntamente com os efeitos do carregamento de vento anterior (caso exista).
- Se IRECA = 0 e IVENT > 0 \implies o programa analisa IVENT
- Se IRECA ≤ 0 e IVENT ≤ 0 \implies o programa verifica se tem outra estrutura a ser analisada.
- BA(J) - Variável para leitura de comentários a serem impressos independentemente dos testes anteriores.
- 12) IA - número do andar cujo carregamento será especificado a seguir.
- Q(K) - carga de vento paralela ao eixo dos X.
- Q(K + 1) - idem para o eixo dos Y.
- Q(K + 2) - momento atuante no centro de torção do andar.
- NAC(J) - numeração dos andares de carregamento idêntico ao anterior.
- 13) REC(K) - número do pilar recalculado em sua numeração em planta baixa.
- REC(K + 1) - abatimento vertical (considerado positivo de cima para baixo) do pilar anterior.
- II - variável que diferente de zero possibilita a leitura de outro cartão de recalques.

c) Observações gerais de utilização do programa VENTO

- 1 - Devido às restrições de memória interna do computador IBM 1130, o programa aceita estruturas com as seguintes limitações:
 - 16 interseções de painéis
 - 8 andares
 - 10 painéis
 - vigas de no máximo 4 vãos.
- 2 - São adotadas as unidades metro e tonelada, com o objetivo de bom condicionamento dos sistemas de equações e funcionalidade dos formatos de entrada e saída. As rotações das lajes na listagem dos resultados são expressas em radianos.
- 3 - Deve-se observar rigorosamente as seguintes numerações:

painéis	- item 2.2
pilares em planta	- item 2.3
elementos de painel	- item 2.4.2
- 4 - As coordenadas do centro de torção (estruturas simétricas e assimétricas) e dos diversos pilares em planta devem ser fornecidos em relação ao sistema de referência global (itens 2.1 e 5.1).
- 5 - As áreas das seções transversais das colunas, que correspondam a interseções de painéis, podem ser fornecidas indistintamente para o painel tipo 1 ou tipo 2, desde que se dê valores nulos para as respectivas colunas dos painéis de tipo contrário.
- 6 - Pilares que não correspondam a interseção de painéis ou que recebam

liberações verticais não podem sofrer recalques de apoio.

7 - Para cada novo caso de carregamento, repete-se a sequência de cartões de dados a partir do número 11) da lista dos cartões de dados.

8 - A leitura final de um cartão em branco possibilita a análise de outra estrutura e a leitura de dois cartões em branco significa o término do processamento do programa.

C - Exemplos de análise de estrutura

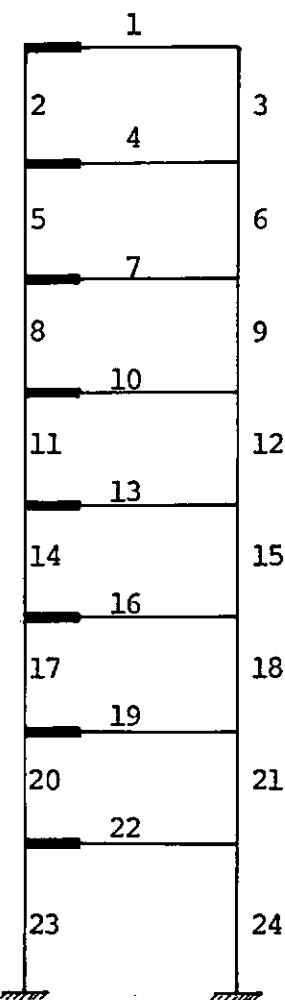
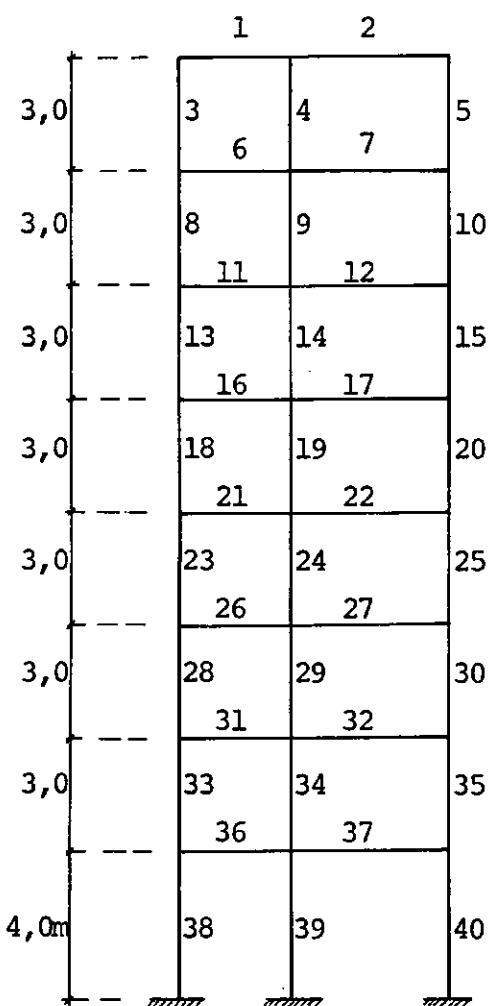
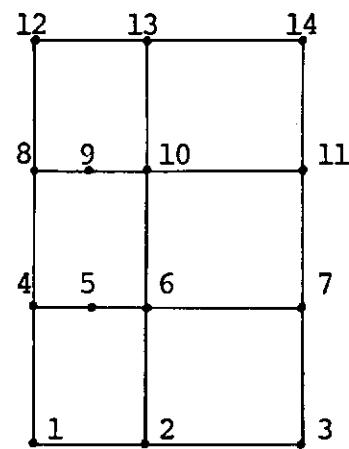
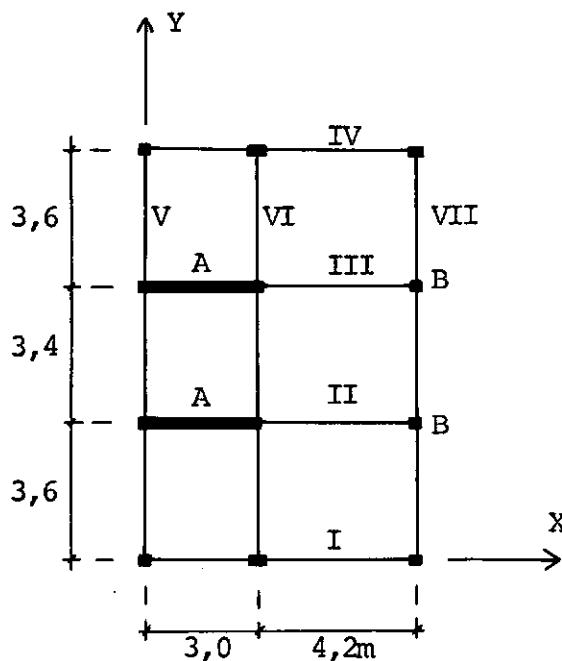
a) Análise da estrutura da figura 1.3.b

Considere-se a referida estrutura com:

- 8 andares, sendo o primeiro com o pé-direito de 4 m e os demais de 3 m.
- Características elásticas $E = 1.800.000 \text{ tf/m}^2$ e $G = 750.000 \text{ tf/m}^2$
- Dimensões em planta, rigidezes dos elementos e o carregamento da estrutura apresentados na listagem anexa.

Em análise de estruturas deste tipo, para que a presente programação automática leve em consideração as hipóteses do item 1.5, são estabelecidos os seguintes passos:

- Escolha do sistema de referência global com o eixo X paralelo aos pilares-parede (figura C.1)
- A numeração dos nós em planta baixa deve incluir os pontos a, b, c e d da figura 1.5.a e os centros de gravidade das seções transversais dos pilares-parede (figura C.2)
- Na lista de incidência dos painéis, a consideração dos deslocamentos verticais de ordem 7 e 9 da figura 1.5.b é feita atribuindo uma numeração maior do que P (número total de painéis da estrutura) para um painel fictício, do tipo 2, que contenha os eixos longitudinais dos referidos pilares.



1	2	3	
4 8	5 9	6 10	7
11 15	12 16	13 17	14
18 22	19 23	20 24	21
25 29	26 30	27 31	28
32 36	33 37	34 38	35
39 43	40 44	41 45	42
46 50	47 51	48 52	49
53	54	55	56

Fig. C.5- Numeração dos elementos dos painéis V, VI e VII.

No fornecimento dos dados para o computador, as áreas das seções transversais de todas as colunas foram fornecidas para os painéis de tipo 1, dando-se valores nulos para as colunas dos painéis de tipo 2.

O efeito do cortante é considerado em todas as colunas pelo fornecimento do fator forma $f = 1,2$ (seções retangulares).

Na análise da distribuição das cargas horizontais pelos painéis I, II, III e IV, verifica-se que para um total de 15 tf aplicadas à estrutura na direção do eixo X, os referidos painéis absorvem apenas 14,906 tf. Esta diferença é devida a consideração da matriz de rigidez da estrutura em faixa, considerando nulos (expressão 5.13) os coeficientes que se distanciam da diagonal principal. As cargas horizontais absorvidas pelos referidos painéis representam cerca de 99% das cargas aplicadas, o que mostra ser perfeitamente válida a consideração da matriz em faixa para a estrutura.

LITAGEM

PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL

-

COPPE/UFRJ

ANALISE DE ESTRUTURAS DE EDIFICIO LATERALMENTE CARREGADAS

PROGRAMA VENTO

HUMBERTO LIMA SORIANO

EXEMPLO DE ESTRUTURA COM PILAR INTERCONECTANDO PAINEIS

ESTRUTURA NUMERO 1 - UNIDADES EM TON. E METRO

DADOS ESTRUTURAIS -

7 PAINELIS 8 ANDARES 14 NOS EM PLANTA

MODULO DE ELASTICIDADE LONGITUDINAL 1800000.

MODULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL 750000.

COORDENADAS DO CENTRO DE TORCAO X = 4.7 Y = 5.3

ALTURA DE ANDAR 4.0 INICIO = 1 FIM = 1
ALTURA DE ANDAR 3.0 INICIO = 2 FIM = 8

NO	COORDENADAS DOS NOS EM PLANTA		PAINEL QUE INTERCEPTA	
	X	Y	PAINEL // A X	PAINEL // A Y
1	0.00	0.00	1	5
2	3.00	0.00	1	6
3	7.20	0.00	1	7
4	0.00	3.60	0	5
5	1.50	3.60	2	10
6	3.00	3.60	0	6
7	7.20	3.60	2	7
8	0.00	7.00	0	5
9	1.50	7.00	3	10
10	3.00	7.00	0	6
11	7.20	7.00	3	7
12	0.00	10.60	4	5
13	3.00	10.60	4	6
14	7.20	10.60	4	7

DADOS PARA O PAINEL NUMERO = 1

ELEM.	COMPR.	AREA	M. INERC.	BREEV	BREDV	FFEC
1	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
2	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
3	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
4	3.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
5	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
6	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
7	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00

8	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
9	3.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
10	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
11	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
12	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
13	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
14	3.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
15	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
16	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
17	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
18	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
19	3.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
20	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
21	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
22	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
23	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
24	3.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
25	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
26	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
27	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
28	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
29	3.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
30	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
31	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
32	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
33	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
34	3.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
35	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
36	3.00	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
37	4.20	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
38	4.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
39	4.00	0.100	0.00130	0.00	0.00	1.20
40	4.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20

O PAINEL 4 TEM OS MESMOS DADOS DO PAINEL ANTERIOR

DADOS PARA O PAINEL NUMERO = 2

ELEM.	COMPR.	AREA	M.INERC.	BREEV	BREDV	FFEC
1	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
2	3.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
3	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
4	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
5	3.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
6	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
7	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
8	3.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
9	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
10	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
11	3.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
12	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20

13	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
14	3.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
15	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
16	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
17	3.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
18	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
19	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
20	3.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
21	3.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20
22	4.20	0.000	0.00045	1.50	0.00	0.00
23	4.00	0.750	0.56000	0.00	0.00	1.20
24	4.00	0.075	0.00056	0.00	0.00	1.20

O PAINEL 3 TEM OS MESMOS DADOS DO PAINEL ANTERIOR

DADOS PARA O PAINEL NUMERO = 5

ELEM.	COMPR.	AREA	M.INERC.	BREEV	BREDV	FFEC
1	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
2	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
3	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
4	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
5	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
6	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
7	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
8	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
9	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
10	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
11	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
12	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
13	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
14	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
15	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
16	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
17	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
18	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
19	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
20	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
21	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
22	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
23	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
24	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
25	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
26	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
27	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
28	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
29	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
30	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
31	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
32	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
33	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00

34	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
35	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
36	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
37	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
38	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
39	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
40	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
41	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
42	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
43	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
44	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
45	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
46	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
47	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
48	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
49	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
50	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
51	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
52	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
53	4.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
54	4.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
55	4.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
56	4.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20

DADOS PARA O PAINEL NUMERO = 6

ELEM.	COMPR.	AREA	M.INERC.	BREEV	BREDV	FFEC
1	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
2	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
3	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
4	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
5	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
6	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
7	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
8	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
9	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
10	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
11	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
12	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
13	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
14	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
15	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
16	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
17	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
18	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
19	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
20	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
21	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
22	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
23	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00

24	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
25	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
26	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
27	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
28	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
29	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
30	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
31	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
32	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
33	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
34	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
35	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
36	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
37	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
38	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
39	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
40	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
41	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
42	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
43	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
44	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
45	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
46	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
47	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
48	3.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
49	3.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
50	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
51	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
52	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
53	4.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20
54	4.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
55	4.00	0.000	0.00000	0.00	0.00	0.00
56	4.00	0.000	0.00042	0.00	0.00	1.20

DADOS PARA O PAINEL NUMERO = 7

ELEM.	COMPR.	AREA	M.INERC.	BREEV	BREDV	FFEC
1	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
2	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
3	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
4	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
5	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
6	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
7	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
8	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
9	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
10	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
11	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
12	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
13	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
14	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20

15	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
16	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
17	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
18	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
19	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
20	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
21	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
22	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
23	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
24	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
25	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
26	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
27	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
28	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
29	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
30	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
31	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
32	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
33	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
34	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
35	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
36	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
37	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
38	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
39	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
40	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
41	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
42	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
43	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
44	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
45	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
46	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
47	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
48	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
49	3.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
50	3.60	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
51	3.40	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
52	3.59	0.000	0.00045	0.00	0.00	0.00
53	4.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
54	4.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
55	4.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20
56	4.00	0.000	0.00039	0.00	0.00	1.20

CARREGAMENTO NA DIRECAO X

CARREGAMENTO DE VENTO NUMERO 1

ANDAR	CARGA X	CARGA Y	MOMENTO Z
1	2.0	0.0	0.0
2	IDEM	IDEM	IDEM
3	IDEM	IDEM	IDEM
4	IDEM	IDEM	IDEM

5	IDEM	IDEM	IDEM
6	IDEM	IDEM	IDEM
7	IDEM	IDEM	IDEM
8	1.0	0.0	0.0

DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA NUMERO 1

DESLOCAMENTOS RELATIVOS DE ANDAR

ANDAR	DESL.HOR.EM X	DESL.HOR.EM Y	ROTACAO DE ANDAR
8	0.00136	0.00000	-0.00000
7	0.00139	0.00000	-0.00000
6	0.00142	0.00000	0.00000
5	0.00141	0.00000	0.00000
4	0.00134	0.00000	0.00000
3	0.00120	-0.00000	0.00000
2	0.00093	-0.00000	0.00000
1	0.00057	-0.00000	0.00000

DESL. VERTICIAIS AO NIVEL DOS ANDARES NOS SEGUINTE PILARES

ANDAR	PILAR - DESL.	PILAR - DESL.	PILAR - DESL.
8	1 0.00023	2 -0.00006	3 -0.00015
	4 0.00004	5 -0.00021	6 0.00004
	7 -0.00021	8 0.00023	9 -0.00006
	10 -0.00015		
7	1 0.00022	2 -0.00005	3 -0.00015
	4 0.00004	5 -0.00021	6 0.00004
	7 -0.00021	8 0.00022	9 -0.00005
	10 -0.00015		
6	1 0.00021	2 -0.00005	3 -0.00014
	4 0.00004	5 -0.00020	6 0.00004
	7 -0.00020	8 0.00021	9 -0.00005
	10 -0.00014		
5	1 0.00019	2 -0.00005	3 -0.00013
	4 0.00003	5 -0.00018	6 0.00003
	7 -0.00018	8 0.00019	9 -0.00005
	10 -0.00013		
4	1 0.00017	2 -0.00004	3 -0.00011
	4 0.00003	5 -0.00016	6 0.00003
	7 -0.00016	8 0.00017	9 -0.00004
	10 -0.00011		
3	1 0.00014	2 -0.00003	3 -0.00009
	4 0.00002	5 -0.00013	6 0.00002
	7 -0.00013	8 0.00014	9 -0.00003
	10 -0.00009		
2	1 0.00010	2 -0.00002	3 -0.00006
	4 0.00001	5 -0.00009	6 0.00001
	7 -0.00009	8 0.00010	9 -0.00002
	10 -0.00006		
1	1 0.00006	2 -0.00001	3 -0.00004
	4 0.00001	5 -0.00005	6 0.00001
	7 -0.00005	8 0.00006	9 -0.00001

10 -0.00004

**FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO 1 -----
ANDAR FORCA HORIZONTAL NO FORCA VERTICAL**

8	0.707	1	0.001
		2	-0.000
		3	-0.007
7	-0.176	4	0.000
		5	-0.000
		6	-0.009
6	0.054	7	0.000
		8	-0.000
		9	-0.008
5	0.002	10	-0.004
		11	0.001
		12	-0.004
4	-0.011	13	-0.004
		14	0.001
		15	-0.003
3	-0.052	16	-0.004
		17	0.001
		18	-0.002
2	-0.081	19	-0.004
		20	0.001
		21	-0.000
1	-0.277	22	-0.004
		23	0.001
		24	0.000

ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL NUMERO 1

MEMBRO	AEM1	AEM2	AEM3	AEM4	AEM5	AEM6
1	0.000	-0.199	-0.295	0.000	0.199	-0.303
3	-0.201	0.177	0.236	0.201	-0.177	0.295
2	0.000	-0.141	-0.301	0.000	0.141	-0.294
4	0.058	0.357	0.466	-0.058	-0.357	0.605
5	0.149	0.172	0.224	-0.149	-0.172	0.294
6	0.000	-0.297	-0.441	0.000	0.297	-0.450
8	-0.499	0.138	0.209	0.499	-0.138	0.205
7	0.000	-0.195	-0.411	0.000	0.195	-0.409
9	0.160	0.266	0.405	-0.160	-0.266	0.395
10	0.353	0.125	0.191	-0.353	-0.125	0.184
11	0.000	-0.295	-0.438	0.000	0.295	-0.447
13	-0.795	0.151	0.227	0.795	-0.151	0.228
12	0.000	-0.191	-0.403	0.000	0.191	-0.400
14	0.264	0.294	0.439	-0.264	-0.294	0.445
15	0.553	0.138	0.205	-0.553	-0.138	0.209
16	0.000	-0.306	-0.454	0.000	0.306	-0.464
18	-1.097	0.154	0.234	1.097	-0.154	0.227

17	0.000	-0.195	-0.411	0.000	0.195	-0.408
19	0.374	0.296	0.452	-0.374	-0.296	0.436
20	0.753	0.137	0.209	-0.753	-0.137	0.202
21	0.000	-0.305	-0.453	0.000	0.305	-0.463
23	-1.398	0.152	0.237	1.398	-0.152	0.218
22	0.000	-0.191	-0.402	0.000	0.191	-0.400
24	0.487	0.290	0.457	-0.487	-0.290	0.413
25	0.948	0.133	0.209	-0.948	-0.133	0.191
26	0.000	-0.289	-0.429	0.000	0.289	-0.439
28	-1.683	0.139	0.225	1.683	-0.139	0.191
27	0.000	-0.177	-0.373	0.000	0.177	-0.372
29	0.597	0.264	0.437	-0.597	-0.264	0.355
30	1.128	0.120	0.197	-1.128	-0.120	0.163
31	0.000	-0.250	-0.371	0.000	0.250	-0.380
33	-1.929	0.118	0.208	1.929	-0.118	0.145
32	0.000	-0.151	-0.317	0.000	0.151	-0.316
34	0.695	0.223	0.409	-0.695	-0.223	0.260
35	1.279	0.100	0.183	-1.279	-0.100	0.119
36	0.000	-0.168	-0.248	0.000	0.168	-0.256
38	-2.093	0.042	0.128	2.093	-0.042	0.040
37	0.000	-0.100	-0.211	0.000	0.100	-0.211
39	0.761	0.084	0.280	-0.761	-0.084	0.058
40	1.379	0.037	0.122	-1.379	-0.037	0.027

FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO 2 -----
ANDAR FORCA HORIZONTAL NO FORCA VERTICAL

8	-0.406	1	0.230
		2	0.005
7	1.196	3	0.279
		4	0.008
6	0.965	5	0.278
		6	0.007
5	0.852	7	0.279
		8	0.009
4	1.070	9	0.274
		10	0.008
3	1.109	11	0.255
		12	0.007
2	1.081	13	0.215
		14	0.006
1	1.320	15	0.143
		16	0.004

MEMBRO	ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL NUMERO 2					
	AEM1	AEM2	AEM3	AEM4	AEM5	AEM6
1	0.000	-0.140	-0.347	0.000	0.140	-0.242
2	-0.460	-0.655	-2.846	0.460	0.655	0.880
3	0.223	0.249	0.317	-0.223	-0.249	0.429
4	0.000	-0.188	-0.417	0.000	0.188	-0.374

5	-1.019	0.619	-2.016	1.019	-0.619	3.873
6	0.494	0.170	0.264	-0.494	-0.170	0.247
7	0.000	-0.185	-0.418	0.000	0.185	-0.362
8	-1.576	1.562	1.641	1.576	-1.562	3.046
9	0.765	0.192	0.286	-0.765	-0.192	0.291
10	0.000	-0.191	-0.428	0.000	0.191	-0.374
11	-2.139	2.416	7.842	2.139	-2.416	-0.591
12	1.039	0.190	0.289	-1.039	-0.190	0.282
13	0.000	-0.188	-0.423	0.000	0.188	-0.370
14	-2.693	3.492	17.289	2.693	-3.492	-6.811
15	1.309	0.185	0.286	-1.309	-0.185	0.269
16	0.000	-0.176	-0.395	0.000	0.176	-0.346
17	-3.208	4.621	30.192	3.208	-4.621	-16.329
18	1.562	0.166	0.264	-1.562	-0.166	0.234
19	0.000	-0.150	-0.336	0.000	0.150	-0.297
20	-3.644	5.729	46.567	3.644	-5.729	-29.379
21	1.776	0.139	0.240	-1.776	-0.139	0.178
22	0.000	-0.100	-0.227	0.000	0.100	-0.196
23	-3.936	7.141	74.585	3.936	-7.141	-46.019
24	1.920	0.047	0.136	-1.920	-0.047	0.055

FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO 3 -----
 ANDAR FORCA HORIZONTAL NO FORCA VERTICAL

8	-0.406	1	0.230
		2	0.005
7	1.196	3	0.279
		4	0.008
6	0.965	5	0.278
		6	0.007
5	0.852	7	0.279
		8	0.009
4	1.070	9	0.274
		10	0.008
3	1.109	11	0.255
		12	0.007
2	1.081	13	0.215
		14	0.006
1	1.320	15	0.143
		16	0.004

ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL NUMERO 3	AEM1	AEM2	AEM3	AEM4	AEM5	AEM6
1	0.000	-0.140	-0.347	0.000	0.140	-0.242
2	-0.460	-0.655	-2.846	0.460	0.655	0.880
3	0.223	0.249	0.317	-0.223	-0.249	0.429
4	0.000	-0.188	-0.417	0.000	0.188	-0.374
5	-1.019	0.619	-2.016	1.019	-0.619	3.873
6	0.494	0.170	0.264	-0.494	-0.170	0.247
7	0.000	-0.185	-0.418	0.000	0.185	-0.362

8	-1.576	1.562	1.641	1.576	-1.562	3.046
9	0.765	0.192	0.286	-0.765	-0.192	0.291
10	0.000	-0.191	-0.428	0.000	0.191	-0.374
11	-2.139	2.416	7.842	2.139	-2.416	-0.591
12	1.039	0.190	0.289	-1.039	-0.190	0.282
13	0.000	-0.188	-0.423	0.000	0.188	-0.370
14	-2.693	3.492	17.289	2.693	-3.492	-6.811
15	1.309	0.185	0.286	-1.309	-0.185	0.269
16	0.000	-0.176	-0.395	0.000	0.176	-0.346
17	-3.208	4.621	30.192	3.208	-4.621	-16.329
18	1.562	0.166	0.264	-1.562	-0.166	0.234
19	0.000	-0.150	-0.336	0.000	0.150	-0.297
20	-3.644	5.729	46.567	3.644	-5.729	-29.379
21	1.776	0.139	0.240	-1.776	-0.139	0.178
22	0.000	-0.100	-0.227	0.000	0.100	-0.196
23	-3.936	7.141	74.585	3.936	-7.141	-46.019
24	1.920	0.047	0.136	-1.920	-0.047	0.055

FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO 4 -----
ANDAR FORCA HORIZONTAL NO FORCA VERTICAL

8	0.707	1	0.001
		2	-0.000
		3	-0.007
7	-0.176	4	0.000
		5	-0.000
		6	-0.009
6	0.054	7	0.000
		8	-0.000
		9	-0.008
5	0.002	10	-0.004
		11	0.001
		12	-0.004
4	-0.011	13	-0.004
		14	0.001
		15	-0.003
3	-0.052	16	-0.004
		17	0.001
		18	-0.002
2	-0.081	19	-0.004
		20	0.001
		21	-0.000
1	-0.277	22	-0.004
		23	0.001
		24	0.000

MEMBRO	ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL NUMERO 4					
	AEM1	AEM2	AEM3	AEM4	AEM5	AEM6
1	0.000	-0.199	-0.295	0.000	0.199	-0.303
3	-0.201	0.177	0.236	0.201	-0.177	0.295

2	0.000	-0.141	-0.301	0.000	0.141	-0.294
4	0.058	0.357	0.466	-0.058	-0.357	0.605
5	0.149	-0.172	0.224	-0.149	-0.172	0.294
6	0.000	-0.297	-0.441	0.000	0.297	-0.450
8	-0.499	0.138	0.209	0.499	-0.138	0.205
7	0.000	-0.195	-0.411	0.000	0.195	-0.409
9	0.160	0.266	0.405	-0.160	-0.266	0.395
10	0.353	0.125	0.191	-0.353	-0.125	0.184
11	0.000	-0.295	-0.438	0.000	0.295	-0.447
13	-0.795	0.151	0.227	0.795	-0.151	0.228
12	0.000	-0.191	-0.403	0.000	0.191	-0.400
14	0.264	0.294	0.439	-0.264	-0.294	0.445
15	0.553	0.138	0.205	-0.553	-0.138	0.209
16	0.000	-0.306	-0.454	0.000	0.306	-0.464
18	-1.097	0.154	0.234	1.097	-0.154	0.227
17	0.000	-0.195	-0.411	0.000	0.195	-0.408
19	0.374	0.296	0.452	-0.374	-0.296	0.436
20	0.753	0.137	0.209	-0.753	-0.137	0.202
21	0.000	-0.305	-0.453	0.000	0.305	-0.463
23	-1.398	0.152	0.237	1.398	-0.152	0.218
22	0.000	-0.191	-0.402	0.000	0.191	-0.400
24	0.487	0.290	0.457	-0.487	-0.290	0.413
25	0.948	0.133	0.209	-0.948	-0.133	0.191
26	0.000	-0.289	-0.429	0.000	0.289	-0.439
28	-1.683	0.139	0.225	1.683	-0.139	0.191
27	0.000	-0.177	-0.373	0.000	0.177	-0.372
29	0.597	0.264	0.437	-0.597	-0.264	0.355
30	1.128	0.120	0.197	-1.128	-0.120	0.163
31	0.000	-0.250	-0.371	0.000	0.250	-0.380
33	-1.929	0.118	0.208	1.929	-0.118	0.145
32	0.000	-0.151	-0.317	0.000	0.151	-0.316
34	0.695	0.223	0.409	-0.695	-0.223	0.260
35	1.279	0.100	0.183	-1.279	-0.100	0.119
36	0.000	-0.168	-0.248	0.000	0.168	-0.256
38	-2.093	0.042	0.128	2.093	-0.042	0.040
37	0.000	-0.100	-0.211	0.000	0.100	-0.211
39	0.761	0.084	0.280	-0.761	-0.084	0.058
40	1.379	0.037	0.122	-1.379	-0.037	0.027

FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO 5 -----
ANDAR FORCA HORIZONTAL NO FORCA VERTICAL

8	0.000	1	0.201
		2	0.000
		3	0.000
		4	0.201
7	-0.000	5	0.298
		6	0.000
		7	0.000
		8	0.298
6	-0.000	9	0.295

24	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	-1.097	0.000	0.000	1.097	-0.000	0.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
32	-1.398	0.000	0.000	1.398	-0.000	0.000
30	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000
34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	-1.398	0.000	0.000	1.398	-0.000	0.000
36	0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000
39	-1.683	0.000	0.000	1.683	-0.000	0.000
37	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000
41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	-1.683	0.000	0.000	1.683	-0.000	0.000
43	0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000
46	-1.929	0.000	0.000	1.929	-0.000	0.000
44	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000
47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000
48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	-1.929	0.000	0.000	1.929	-0.000	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
53	-2.093	-0.000	-0.000	2.093	0.000	0.000
51	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000
54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56	-2.093	0.000	-0.000	2.093	-0.000	0.000

FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO 6 -----
 ANDAR FORCA HORIZONTAL NO FORCA VERTICAL

8	0.000	1	-0.058
		2	0.000
		3	0.000
		4	-0.058
7	-0.000	5	-0.102
		6	0.000
		7	0.000
		8	-0.102
6	-0.000	9	-0.103
		10	0.000
		11	0.000
		12	-0.103
5	-0.000	13	-0.109
		14	0.000
		15	0.000
		16	-0.109
4	0.000	17	-0.113

		18	0.000
		19	0.000
		20	-0.113
3	-0.000	21	-0.110
		22	0.000
		23	0.000
		24	-0.110
2	-0.000	25	-0.098
		26	0.000
		27	0.000
		28	-0.098
1	0.000	29	-0.066
		30	0.000
		31	0.000
		32	-0.066

MEMBRO	ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL NUMERO					6
	AEM1	AEM2	AEM3	AEM4	AEM5	
1	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000
4	0.058	0.000	0.000	-0.058	-0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.058	-0.000	0.000	-0.058	0.000	-0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
11	0.160	0.000	0.000	-0.160	-0.000	-0.000
9	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.160	-0.000	0.000	-0.160	0.000	-0.000
15	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
18	0.264	-0.000	-0.000	-0.264	0.000	-0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.264	-0.000	-0.000	-0.264	0.000	-0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000
25	0.374	-0.000	-0.000	-0.374	0.000	-0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.374	-0.000	-0.000	-0.374	0.000	-0.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000
32	0.487	-0.000	-0.000	-0.487	0.000	-0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000

34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.487	-0.000	-0.000	-0.487	0.000	-0.000
36	0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000
39	0.597	-0.000	0.000	-0.597	0.000	-0.000
37	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.597	-0.000	-0.000	-0.597	0.000	-0.000
43	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000
46	0.695	-0.000	-0.000	-0.695	0.000	-0.000
44	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000
48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0.695	-0.000	-0.000	-0.695	0.000	-0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000
53	0.761	-0.000	-0.000	-0.761	0.000	-0.000
51	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.000
54	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52	0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000
55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
56	0.761	-0.000	-0.000	-0.761	0.000	-0.000

FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO 7 -----
 ANDAR FORCA HORIZONTAL NO FORCA VERTICAL

8	-0.000	1	-0.142
		2	-0.230
		3	-0.230
		4	-0.142
7	0.000	5	-0.195
		6	-0.279
		7	-0.279
		8	-0.195
6	-0.000	9	-0.192
		10	-0.278
		11	-0.278
		12	-0.192
5	0.000	13	-0.192
		14	-0.281
		15	-0.281
		16	-0.192
4	-0.000	17	-0.188
		18	-0.276
		19	-0.276
		20	-0.188
3	0.000	21	-0.174
		22	-0.257
		23	-0.257
		24	-0.174
2	-0.000	25	-0.148

		26	-0.218
		27	-0.218
		28	-0.148
1	0.000	29	-0.097
		30	-0.145
		31	-0.145
		32	-0.097

MEMBRO	ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL					NUMERO 7
	AEM1	AEM2	AEM3	AEM4	AEM5	
1	0.000	0.006	0.010	0.000	-0.006	0.012
4	0.149	-0.006	-0.008	-0.149	0.006	-0.010
2	0.000	0.000	-0.003	0.000	-0.000	0.003
5	0.223	-0.005	-0.007	-0.223	0.005	-0.008
3	0.000	-0.006	-0.012	0.000	0.006	-0.010
6	0.223	0.005	0.007	-0.223	-0.005	0.008
7	0.149	0.006	0.008	-0.149	-0.006	0.010
8	0.000	0.008	0.015	0.000	-0.008	0.015
11	0.353	-0.004	-0.007	-0.353	0.004	-0.006
9	0.000	0.000	-0.002	0.000	-0.000	0.002
12	0.494	-0.004	-0.006	-0.494	0.004	-0.006
10	0.000	-0.008	-0.015	0.000	0.008	-0.015
13	0.494	0.004	0.006	-0.494	-0.004	0.006
14	0.353	0.004	0.007	-0.353	-0.004	0.006
15	0.000	0.007	0.014	0.000	-0.007	0.014
18	0.553	-0.004	-0.006	-0.553	0.004	-0.007
16	0.000	0.000	-0.002	0.000	-0.000	0.002
19	0.765	-0.003	-0.005	-0.765	0.003	-0.006
17	0.000	-0.007	-0.014	0.000	0.007	-0.014
20	0.765	0.003	0.005	-0.765	-0.003	0.006
21	0.553	0.004	0.006	-0.553	-0.004	0.007
22	0.000	0.007	0.013	0.000	-0.007	0.013
25	0.753	-0.004	-0.005	-0.753	0.004	-0.006
23	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.000	0.001
26	1.039	-0.003	-0.005	-1.039	0.003	-0.005
24	0.000	-0.007	-0.013	0.000	0.007	-0.013
27	1.039	0.003	0.005	-1.039	-0.003	0.005
28	0.753	0.004	0.005	-0.753	-0.004	0.006
29	0.000	0.006	0.011	0.000	-0.006	0.011
32	0.948	-0.003	-0.005	-0.948	0.003	-0.005
30	0.000	0.000	-0.001	0.000	-0.000	0.001
33	1.310	-0.003	-0.004	-1.310	0.003	-0.004
31	0.000	-0.006	-0.011	0.000	0.006	-0.011
34	1.310	0.003	0.004	-1.310	-0.003	0.004
35	0.948	0.003	0.005	-0.948	-0.003	0.005
36	0.000	0.005	0.009	0.000	-0.005	0.009
39	1.128	-0.002	-0.003	-1.128	0.002	-0.004
37	0.000	-0.000	-0.001	0.000	0.000	0.001
40	1.562	-0.002	-0.003	-1.562	0.002	-0.003
38	0.000	-0.005	-0.009	0.000	0.005	-0.009
41	1.562	0.002	0.003	-1.562	-0.002	0.003

42	1.128	0.002	0.003	-1.128	-0.002	0.004
43	0.000	0.003	0.006	0.000	-0.003	0.007
46	1.280	-0.001	-0.002	-1.280	0.001	-0.003
44	0.000	-0.000	-0.001	0.000	0.000	0.001
47	1.776	-0.001	-0.002	-1.776	0.001	-0.002
45	0.000	-0.003	-0.007	0.000	0.003	-0.006
48	1.776	0.001	0.002	-1.776	-0.001	0.002
49	1.279	0.001	0.002	-1.279	-0.001	0.003
50	0.000	0.002	0.003	0.000	-0.002	0.003
53	1.379	-0.000	-0.000	-1.379	0.000	-0.001
51	0.000	-0.000	-0.000	0.000	0.000	0.000
54	1.920	-0.000	-0.000	-1.920	0.000	-0.000
52	0.000	-0.002	-0.003	0.000	0.002	-0.003
55	1.920	0.000	0.000	-1.920	-0.000	0.000
56	1.379	0.000	0.000	-1.379	-0.000	0.001

Observações

O tempo de execução do programa para a presente estrutura foi de 2 horas e 40 minutos.

A seguir são apresentados alguns gráficos que traduzem parte do comportamento da estrutura.

O gráfico 1 mostra os deslocamentos na direção do carregamento. Foi obtido somando-se os deslocamentos relativos de andar para a obtenção dos deslocamentos absolutos.

O gráfico 2 é o das cargas horizontais aplicadas à estrutura, cargas estas que se distribuem entre os painéis I, II, III e IV conforme mostra o gráfico 3. É interessante notar a inversão do sinal das forças horizontais absorvidas pelos referidos painéis.

Finalmente os gráficos 4 e 5 mostram os momentos fletores e as forças axiais atuantes nos pilares-parede A (vide figura C.1) e nas colunas B. A comparação da distribuição dos momentos fletores dos pilares-parede A com a das colunas B mostra claramente a diferença do comportamento dos dois tipos de elementos verticais. O pilar-parede A trabalha como uma coluna engastada no piso térreo, com uma pequena modificação do diagrama de momentos fletores devido à ação do restante da estrutura. E a coluna B funciona inteiramente como parte integrante da estrutura reticulada.

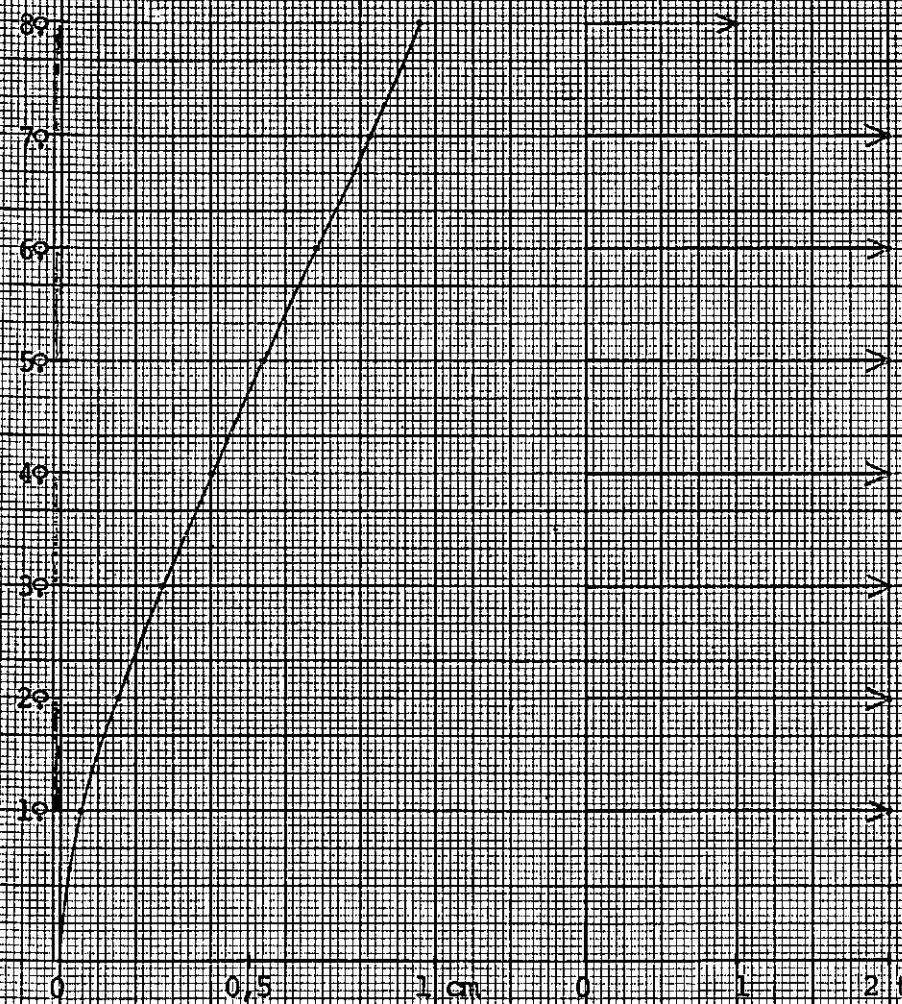
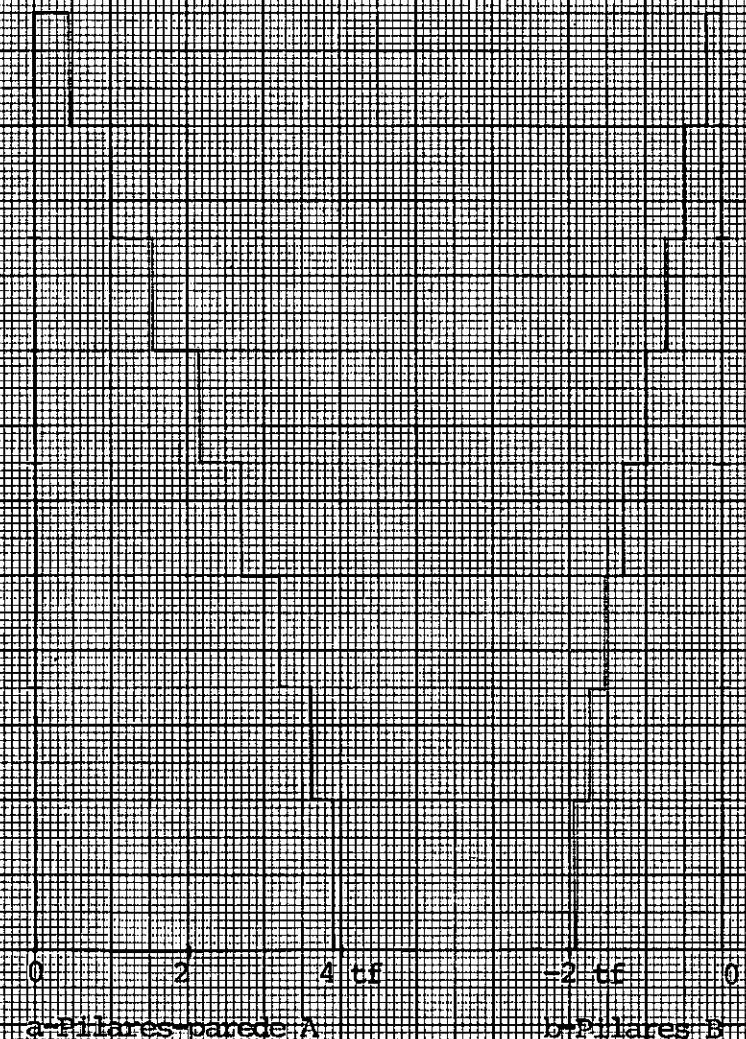
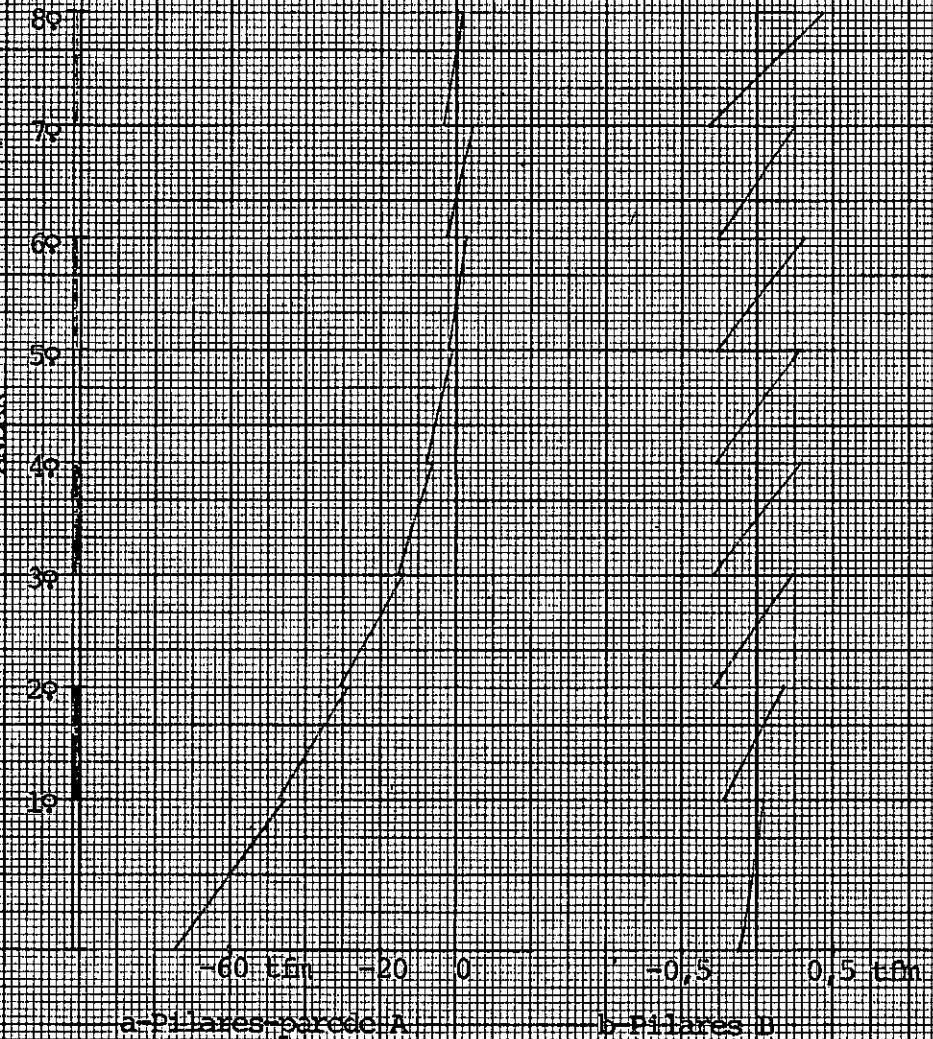


Gráfico 1- Deslocamentos horizontais da estrutura

Gráfico 2- Carregamento horizontal



Gráfico 3- Forças horiz. absorvidas pelos painéis



b) Análise de uma torre retangular.

Seja a estrutura com a configuração em planta baixa da figura C.6 e com 8 andares, sendo o primeiro com o pé-direito de 4 m e os demais de 3 m.

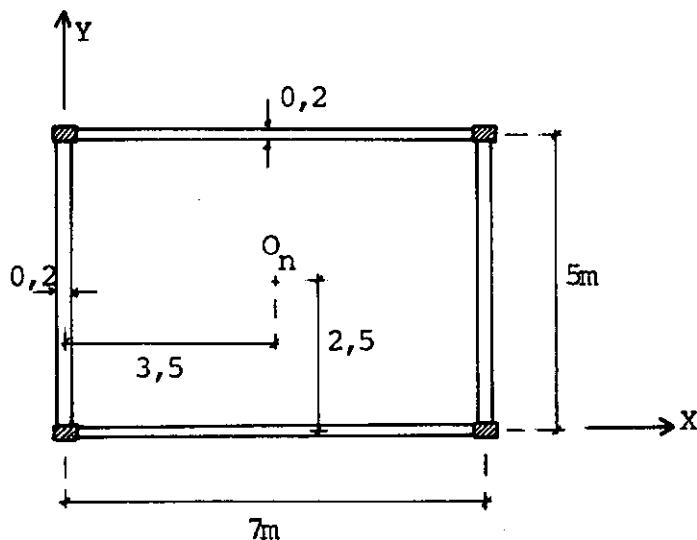


Fig. C.6 - Estrutura em planta baixa.
 O_n - centro de torção.

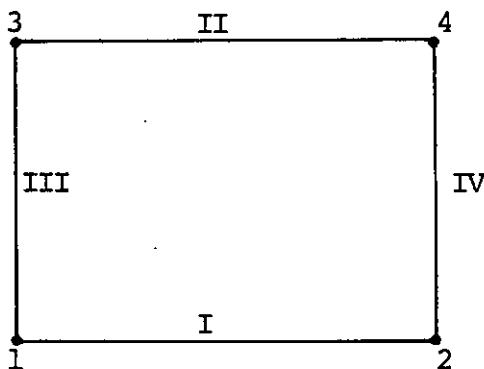


Fig. C.7 - Numeração dos nós em planta e dos painéis.

A referida estrutura, com as constantes elásticas $E = 1.800.000 \text{ tf/m}^2$ e $G = 750.000 \text{ tf/m}^2$, sujeita ao carregamento horizontal na direção do eixo y indicado no gráfico 7, é analisada para duas

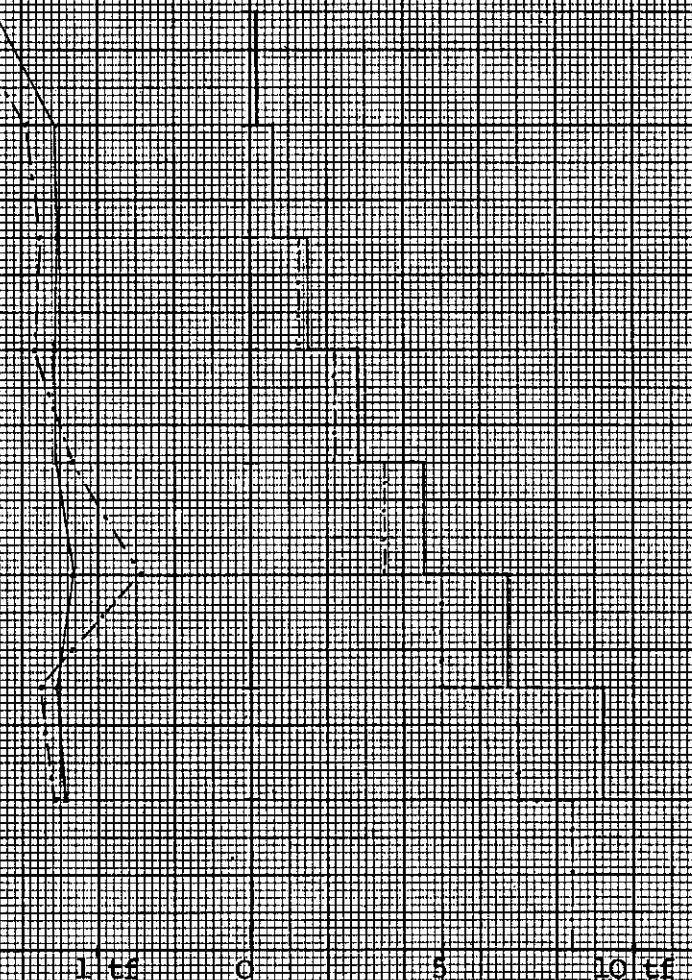
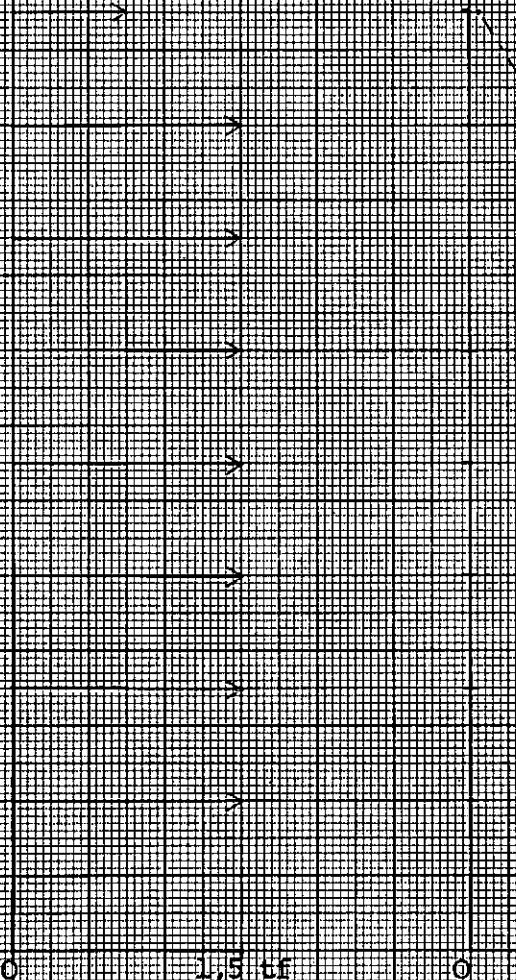
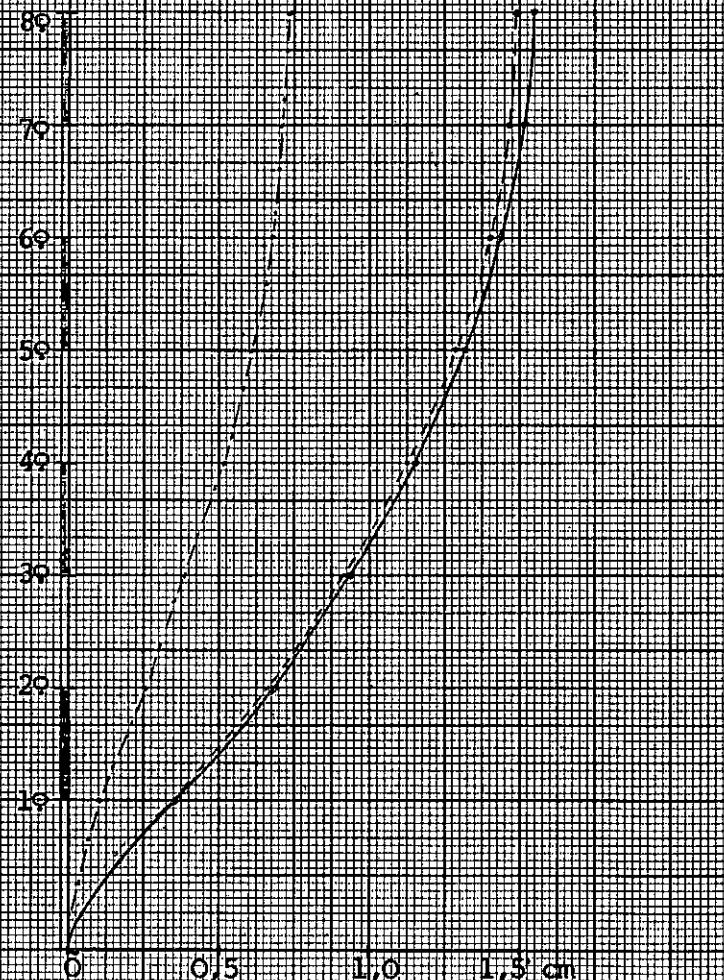
diferentes seções transversais de colunas. Os gráficos anexos em traço contínuo se referem à seção de $0,30 \times 0,25$ m e os em traço-ponto se referem à seção de $0,60 \times 0,50$ m (as seções transversais das vigas permanecem constantes e iguais a $0,30 \times 0,20$ m). O efeito da deformação pelo cortante não é levado em consideração.

Os gráficos mostram a diferença de comportamento quando se enrijecem as colunas. O gráfico 6, dos deslocamentos horizontais da estrutura, mostra também em tracejado os deslocamentos da estrutura de colunas de seção $0,30 \times 0,25$ m, quando são desprezadas as deformações axiais (a análise é efetuada para a referida estrutura na qual se multiplica as áreas das colunas por 10).

O gráfico 8 mostra a distribuição das forças horizontais aplicadas à estrutura ao nível dos diversos andares.

O gráfico 9 é o das forças axiais nas colunas da estrutura. São forças de tração para as colunas correspondentes aos nós em planta 1 e 2 (fig. C.7) e de compressão para as colunas correspondentes aos nós 3 e 4.

O gráfico 10 é o dos momentos fletores nas colunas e finalmente em 11 os esforços cortantes.



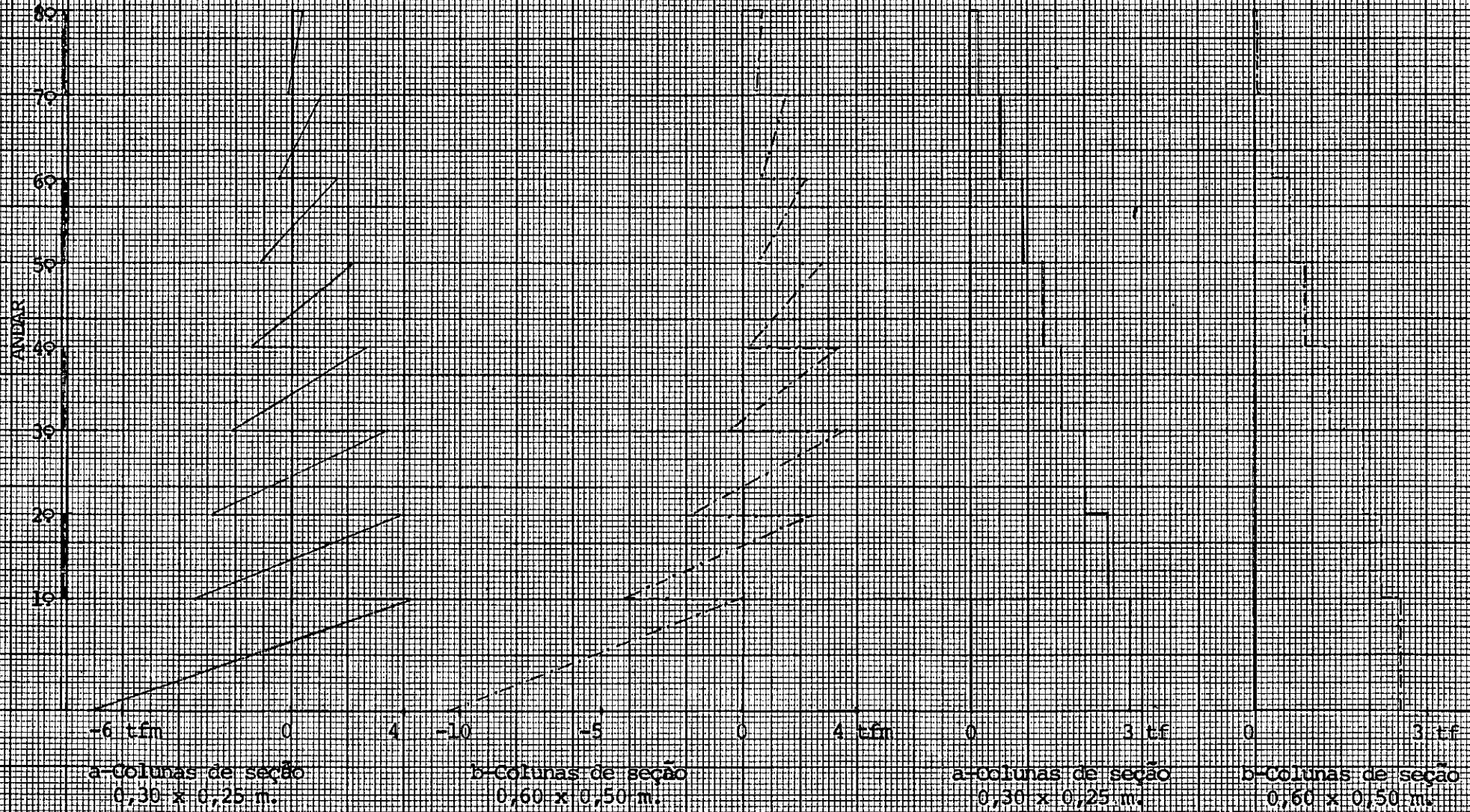


Gráfico 10—Momentos fletores nas colunas.

Gráfico 11—Esforço cortante nas colunas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Stamato, M.C. and Stafford Smith, B. - "An approximate Method for the Three Dimensional Analysis of Tall Buildings", Proceedings of I.C.E., vol. 43, July 1969, pp. 361-379.
2. Clough, Ray W.; Wilson, Edward L. and King, Ian P. - "Large Capacity Multistory Frame Analysis Programs", Journal of the Structural Division, ASCE, vol. 89, No. ST-4, Proc. Paper 3592, August, 1963, pp. 179-204.
3. Clough, Ray W.; King, Ian P. and Wilson, Edward L. - "Structural Analysis of Multistory Buildings", Journal of the Structural Division, ASCE, vol. 90, No. ST-3, Proc. Paper 3925, June, 1964, pp. 19-34.
4. Ferry Borges, J. e Ravara, A. - "Estudo do Comportamento de Estruturas de Edifícios sob acção de Forças Horizontais", 2^{as} Jornadas Luso-Brasileiras de Eng. Civil, Rio de Janeiro - S. Paulo, agosto, 1967, pp. 1-30.
5. Weaver, W. and Nelson. M. F. - "Three-Dimensional Analysis of Tier Buildings", Journal of the Structural Division, ASCE, vol. 92, No. ST-6, Proc. Paper 5019, December, 1966, pp. 385-404.
6. Santos, Sydney M. G. - "Ação do Vento em Edifícios, Considerando a Resistência a Torção das Colunas", Centro Técnico Científico, Pon-

tífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil, pp. 1-23

7. Winokur, A. and Glück, J. - "Lateral-Loads in Asymmetric Multistory Structures", Journal of the Structural Division, ASCE, vol. 94, No. ST-3, Proc. Paper 5842, March, 1968.
8. Glück, J. - "Lateral-Load Analysis of Asymmetric Multistory Structure", Journal of the Structural Division, ASCE, vol. 96, No. ST-2, Proc. Paper 7089, February, 1970, pp. 317-333.
9. Przemieniecki, J. S. - "Theory of Matrix Structural Analysis", McGraw-Hill Book Company, U.S.A., 1968.
10. Weaver, W., Jr. - "Computer Programs for Structural Analysis", D. Van Nostrand Company, Inc., U.S.A., 1967.
11. Gere, J. M. and Weaver, W., Jr. - "Analysis of Framed Structures", D. Van Nostrand Company, Inc., Princeton, N. J., 1965.
12. Rubinstein, M. F. - "Matrix Computer Analysis of Structures", Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1966.
13. P. C. Wang - "Numerical and Matrix Methods in Structural Mechanics", John Wiley & Sons, Inc., U.S.A., 1966.
14. Pacitti, Tércio - "FORTRAN-MONITOR, Princípios", Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, 1968.
15. Manual da IBM, C 20-1642-0.

LIS^TA^GE^M DE TESES

PAGE 1 A 63

// JOB 2006

A 63

631425

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	2006	2006	0002
		0OFF	0000
		1OFF	0001

V2 M05 ACTUAL 32K CONFIG 32K

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESS

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

SUBROUTINE TRANS(AB,IPP,NP,MI,NG,NN,BA,IP,M,ITP)

C ===== SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE TRANSFORMACAO DOS PAINEIS.

INTEGER PO,PO1

DIMENSION IP(2,25),IPP(10,5),MI(1),BA(1),B(5,20),M(1),ITP(1)

C ===== INDICE DE VARIACAO DO NUMERO DO PAINEL.

DO 1 I=1,NP

PO=0

M1=MI(I)

C ===== ZERAMENTO DA MATRIZ DE TRANSFORMACAO B DO PAINEL I.

DO 2 K1=1,M1

DO 2 K2=1,NG

2 B(K1,K2)=0.

C ===== FORMACAO DA ULTIMA LINHA DA MATRIZ.

I1=ITP(I)

B(M1,I1)=1.

B(M1,3)=BA(I)/AB

IA=0

K1=0

JS=M(I)

C ===== INDICE DE VARIACAO DOS NOS DO PRIMEIRO ANDAR DO PAINEL I.

DO 3 J=1,JS

C ===== TESTE DA LIBERACAO DO NO J AO DESLOCAMENTO VERTICAL.

IF(IPP(I,J))24,24,4

24 K1=K1+1

GO TO 3

C ===== TESTE DE VERIFICACAO DO TIPO DO PAINEL I.

4 IF(ITP(I)-1)5,5,6

C ===== PAINEL TIPO 1.

5 IA=IA+1

PO=I

GO TO 16

C ===== PAINEL TIPO 2.

6 DO 9 NO=1,NN

C ===== IDENTIFICAR O PAINEL (PO) DO TIPO 1 QUE INTERSEPTA O PAINEL I EM J

IF(IP(2,NO)-I)9,10,9

10 IF(IP(1,NO)-PO)9,9,12

9 CONTINUE

12 PO=IP(1,NO)

PAGE 2 A 63

C === IDENTIFICAR O NUMERO (IA) DO NO DO PAINEL PO QUE CORRESPONDE AO
C === NO J DO PAINEL I.

1A=0
DO 13 NO=1,NN
IF(IP(1,NO)-PO)13,14,13
14 IF(IP(2,NO))13,13,15
15 IA=IA+1
IF(IP(2,NO)-I)13,16,13
13 CONTINUE
16 II=3
IF(PO-1)17,17,18

C === VERIFICAR ATÉ O PAINEL DE ORDEM PO-1 , O NUMERO DE COLUNAS NAS
C === QUAIS SE CONSIDERA O DESLOCAMENTO VERTICAL.

18 PO1=PO-1
DO 19 K=1,PO1
19 II=II+MI(K)-1
17 II=II+IA
K2=J-K1

C === FORMACAO DOS COEFICIENTES DIFERENTES DE ZERO DAS MI(I)-1 PRIMEI-
C === RAS LINHAS DA MATRIZ B.
B(K2,II)=1.
3 CONTINUE

C === GRAVACAO NO DISCO DA MATRIZ B DO PAINEL I.

1 WRITE(1'I)B
RETURN
END

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR TRANS
COMMON 0 VARIABLES 216 PROGRAM 380

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE TRANS
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0018

*STORE WS UA TRANS
CART ID 2006 DB ADDR 2A98 DB CNT 0018

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

SUBROUTINE RIGID(NA,E,M,MI,IPP,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NP,LLI,INP,NN,IT
*P,IP,AE,ITEST)

C === SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE RIGIDEZ DOS PAINEIS.
REAL KV(8,5),KC(8,5),MIZ(80)

```

DIMENSION R(88,88),AR(80),AL(80),S(8,5),LLI(1),INP(1),FIC(8,5),M(1
*,AP(80),BP(80),MI(1),IPP(10,5),FG(80),FIV(8,5),AE(1),ITP(1),IP(2,
*25)
C ===== INDICE DE VARIACAO DO NUMERO DO PAINEL.
DO 12 IO=1,NP
C ===== TESTE DA IGUALDADE DO PAINEL IO A ALGUM OUTRO CUJA MATRIZ DE RI-
C ===== DEZ JA TENHA SIDO MONTADA.
IF(INP(IO)-IO)12,11,12
11 M1=M(IO)
IGL=2*M1*NA+NA
IF(ITEST)120,120,119
C ===== LEITURA NO DISCO DOS DADOS REFERENTES AO PAINEL IO.
120 IDA2=6*(IO-1)+1
READ(2*IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
C ===== CALCULO DAS AREAS DAS COLUNAS COMUNS A DOIS PANEIS QUE SE INTER-
C ===== CEPTAM.
J=0
DO 113 NO=1,NN
I2=ITP(IO)
IF(IP(I2,NO)-IO)113,114,113
114 J=J+1
DO 115 I3=1,NA
KA=(NO-1)*NA+I3
KB=M1*(2*I3-1)+J-I3
115 AR(KB)=AE(KA)
113 CONTINUE
C ===== GRAVACAO NO DISCO DAS AREAS CALCULADAS ANTERIORMENTE.
IDA2=6*(IO-1)+1
WRITE(2*IDA2)AR
GO TO 112
C ===== LEITURA NO DISCO DOS DADOS REFERENTES AO PAINEL IO COM AS AREAS
C ===== REAIS DAS COLUNAS.
119 IDA2=6*(IO-1)+1
READ(2*IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
C ===== INICIO DA MONTAGEM DA MATRIZ DE RIGIDEZ.
C ===== ZERAMENTO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO PAINEL.
112 DO 13 I=1,IGL
DO 13 J=1,IGL
13 R(I,J)=0.
C ===== FORMACAO DO PAR-ORDENADO (IN,IM).
DO 14 IN=1,NA
DO 14 IM=1,M1
C ===== CALCULO DE COEFICIENTES DE RIGIDEZ E DO FATOR MULTIPLICADOR FI DO
C ===== CORTANTE.
IF(IM-M1)16,17,16
16 IV=2*M1*(IN-1)+IM-IN+1
IF(FG(IV)-0.001)50,50,51
50 FIV(IN,IM)=0.
GO TO 52
51 IF(AR(IV)-0.00001)50,50,81
81 FIV(IN,IM)=(12.*E*MIZ(IV))/(FG(IV)*AR(IV)*AL(IV)**2)

```

```

52 KV(IN,IM)=4.*E*MIZ(IV)/AL(IV)
17 IC=M1*(2*IN-1)+IM-IN
  IF(FG(IC)-0.001)70,70,71
70 FIC(IN,IM)=0.
  GO TO 72
71 FIC(IN,IM)=(12.*E*MIZ(IC))/(FG(IC)*AR(IC)*AL(IC)**2)
72 KC(IN,IM)=4.*E*MIZ(IC)/AL(IC)
  IF(ITEST)121,121,122
121 IF(IPP(IO,IM))131,122,131
131 S(IN,IM)=AR(IC)/2.*E/AL(IC)
  GO TO 14
122 S(IN,IM)=AR(IC)*E/AL(IC)
14 CONTINUE
C === FORMACAO DO PAR-ORDENADO (IN,IM).
  DO 19 IN=1,NA
  DO 19 IM=1,M1
C === MONTAGEM DOS COEFICIENTES P/ O DESLOCAMENTO VERTICAL E O DE ROTA-
C === CAO DE NO.
  J=(IN-1)*M1+IM
  I1=2*j-1
  I2=2*j
  I3=2*j-3
  I4=2*j-2
  I5=2*j+1
  I6=2*j+2
  I7=2*(J+M1)-1
  I8=2*(J+M1)
  I9=2*(J-M1)-1
  I10=2*(J-M1)
  IV=2*M1*(IN-1)+IM-IN+1
  IC=M1*(2*IN-1)+IM-IN
  R(I1,I1)=S(IN,IM)
  R(I2,I2)=KC(IN,IM) * (4.+FIC(IN,IM))/(4.+(1.+FIC(IN,IM)))
  IF(IM-M1)22,23,22
22  R(I1,I1)=R(I1,I1)+3.*KV(IN,IM)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
  R(I2,I2)=R(I2,I2)+KV(IN,IM) * (4.+FIV(IN,IM))/(4.+(1.+FIV(IN,IM)))
  R(I2,I1)=3.*KV(IN,IM)/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
  IF(AP(IV)-0.001)101,101,102
102 R(I2,I2)=R(I2,I2)+3.*KV(IN,IM)*AP(IV)*(1.+AP(IV)/AL(IV))/AL(IV) *
  *(1./(1.+FIV(IN,IM)))
  R(I2,I1)=R(I2,I1)+3.*KV(IN,IM)*AP(IV)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
101 R(I1,I2)=R(I2,I1)
23  IF(IM-1)24,21,24
24  R(I1,I1)=R(I1,I1)+3.*KV(IN,IM-1)/AL(IV-1)**2 * (1./(1.+FIV(IN,IM-1
  *)))
  R(I2,I2)=R(I2,I2)+KV(IN,IM-1) * (4.+FIV(IN,IM-1))/(4.+(1.+FIV(IN,IM
  *-1)))
  R(I2,I1)=R(I2,I1)-3.*KV(IN,IM-1)/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM
  *-1)))

```

```

    IF(BP(IV)-0.001)103,103,104
104 R(I2,I2)=R(I2,I2)+3.*KV(IN,IM-1)*BP(IV-1)*(1.+BP(IV-1)/AL(IV-1))/A
    *L(IV-1) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
    R(I2,I1)=R(I2,I1)-3.*KV(IN,IM-1)*BP(IV-1)/AL(IV-1)**2 * (1./(1.+FI
    *V(IN,IM-1)))
103 R(I1,I2)=R(I2,I1)
21 IF(IN-1)26,27,26
26 R(I1,I1)=R(I1,I1)+S(IN-1,IM)
    R(I2,I2)=R(I2,I2)+KC(IN-1,IM) * (4.+FIC(IN-1,IM))/(4.*(1.+FIC(IN-1
    *,IM)))
27 IF(IM-1)30,31,30
30 R(I4,I2)=KV(IN,IM-1)/2. * (2.-FIV(IN,IM-1))/(2.*(1.+FIV(IN,IM-1)))
    R(I3,I2)=3.*KV(IN,IM-1)/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
    R(I4,I1)=-3.*KV(IN,IM-1)/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
    R(I3,I1)=-3.*KV(IN,IM-1)/(AL(IV-1)**2) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
    IF(AP(IV-1)+BP(IV-1)-0.001)31,31,105
105 R(I4,I2)=R(I4,I2)+3.*KV(IN,IM-1)*(AP(IV-1)+BP(IV-1)+2.*AP(IV-1)*BP
    *(IV-1)/AL(IV-1))/(2.*AL(IV-1)) * (1./(1.+FIV(IN,IM-1)))
    R(I3,I2)=R(I3,I2)+3.*KV(IN,IM-1)*BP(IV-1)/AL(IV-1)**2 * (1./(1.+FI
    *V(IN,IM-1)))
    R(I4,I1)=R(I4,I1)-3.*KV(IN,IM-1)*AP(IV-1)/AL(IV-1)**2* (1./(1.+FIV
    *(IN,IM-1)))
31 IF(IM-M1)32,33,32
32 R(I6,I2)=KV(IN,IM)/2. * (2.-FIV(IN,IM))/(2.*(1.+FIV(IN,IM)))
    R(I5,I2)=-3.*KV(IN,IM)/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
    R(I6,I1)=3.*KV(IN,IM)/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
    R(I5,I1)=-3.*KV(IN,IM)/(AL(IV)**2) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
    IF(AP(IV)+BP(IV)-0.001)33,33,106
106 R(I6,I2)=R(I6,I2)+3.*KV(IN,IM)*(AP(IV)+BP(IV)+2.*AP(IV)*BP(IV)/AL(
    *IV))/(2.*AL(IV)) * (1./(1.+FIV(IN,IM)))
    R(I5,I2)=R(I5,I2)-3.*KV(IN,IM)*AP(IV)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,
    *M)))
    R(I6,I1)=R(I6,I1)+3.*KV(IN,IM)*BP(IV)/AL(IV)**2 * (1./(1.+FIV(IN,
    *M)))
33 IF(IN-1)34,35,34
34 R(I10,I2)=KC(IN-1,IM)/2. * (2.-FIC(IN-1,IM))/(2.*(1.+FIC(IN-1,IM))
    *)
    R(I9,I1)=-S(IN-1,IM)
35 IF(IN-NA)20,19,20
20 R(I8,I2)=KC(IN,IM)/2. * (2.-FIC(IN,IM))/(2.*(1.+FIC(IN,IM)))
    R(I7,I1)=-S(IN,IM)
19 CONTINUE
C === MONTAGEM DOS COEFICIENTES P/ O DESLOCAMENTO HORIZONTAL DE ANDAR.
DO 18 IN=1,NA
J=2*M1*(IN-1)+2
I=2*M1*NA+IN
DO 38 IM=1,M1
IC=M1*(2*IN-1)+IM-IN
R(I,I)=R(I,I)+3.*KC(IN,IM)/AL(IC)**2 * (1./(1.+FIC(IN,IM)))
R(J,I)=3.*KC(IN,IM)/(2.*AL(IC)) * (1./(1.+FIC(IN,IM)))

```

PAGE 6 A 63

```
R(I,J)=R(J,I)
IF(IN-NA)28,38,28
28 J1=J+2*M1
  R(J1,I)=R(J,I)
  R(I,J1)=R(J,I)
38 J=J+2
18 CONTINUE
  IF(ITEST)116,116,117
C === GRAVACAO NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ DE RIGI-
C === DEZ DE PAINEL.
117 IDA5=25*(IO-1)+1
  WRITE(5'IDA5)((R(IT,J),J=IT,IGL),IT=1,IGL)
C === CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES REDUZIDAS.
116 CALL REDUZ(IO,NA,M,MI,LLI,IPP,R,IGL,ITEST)
12 CONTINUE
  RETURN
END
```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR RIGID
COMMON 0 VARIABLES 15928 PROGRAM 2628

END OF COMPILATION

// DUP

```
*DELETE          RIGID
CART ID 2006  DB ADDR 27D4  DB CNT  00B8
*STORE          WS UA RIGID
CART ID 2006  DB ADDR 29FB  DB CNT  00B8
```

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

SUBROUTINE INVER(A,LII,LS)

C === SUBROTINA DE INVERSAO DE MATRIZES POR PARTICAO.

DIMENSION A(88,88),G(88),H(88)

NN=LS-1

A(LII,LII)=1./A(LII,LII)

DO 110 M=LII,NN

K = M+ 1

DO 60 I=LII,M

G(I)=0.

DO 60 J=LII,M

60 G(I)=G(I)+A(I,J)*A(J,K)

D=0.

DO 70 I=LII,M

70 D=D+A(K,I)*G(I)

```

E=A(K,K)-D
A(K,K)=1./E
DO 80 I=L11,M
80 A(I,K)=-G(I)*A(K,K)
DO 90 J=L11,M
H(J)=0.
DO 90 I=L11,M
90 H(J) = H(J)+A(K,I)*A(I,J)
DO 100 J=L11,M
100 A(K,J)=-H(J)*A(K,K)
DO 110 I=L11,M
DO 110 J=L11,M
110 A(I,J) = A(I,J)-G(I)*A(K,J)
RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR INVER
COMMON 0 VARIABLES 364 PROGRAM 420

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE INVER
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 001C

*STORE WS UA INVER
CART ID 2006 DB ADDR 2A97 DB CNT 001C

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

SUBROUTINE REDUZ(NP,NA,M,MI,LLI,IPP,R,LS,ITEST)

C ===== SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE RIGIDEZ REDUZIDAS OBTIDAS PE-

C ===== LAS LIBERACOES DAS ROTACOES DE NO E DOS DESLOCAMENTOS VERTICIAIS

C ===== QUE NAO CORRESPONDAM A INTERSECOES DE PAINEL.

DIMENSION M(1),MI(1),R(88,88),IPP(10,5),LLI(1),G(88)

C ===== ORDENACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ DE PAINEL.

NL=0

DO 108 IN=1,NA

L=0

II=(IN-1)*M(NP)+1

IS=IN*M(NP)

DO 113 J=II,IS

K=J-(IN-1)*M(NP)

IF(IPP(NP,K))104,105,104

105 NL=NL+1

GO TO 113

```
104 LI=J-NL+IN-1
      KS=2*(J-1)+IN
106 IF(LI-KS)107,113,107
107 DO 109 I2=1,LS
      TEMP=R(KS,I2)
      R(KS,I2)=R(KS-1,I2)
109 R(KS-1,I2)=TEMP
      DO 140 I2=1,LS
      TEMP=R(I2,KS)
      R(I2,KS)=R(I2,KS-1)
140 R(I2,KS-1)=TEMP
      KS=KS-1
      GO TO 106
113 CONTINUE
      IF(L)108,110,108
110 L=1
      LI=LI+1
      KS=2*M(NP)*NA+IN
      GO TO 106
108 CONTINUE
C ===== INVERSAO DA SUB-MATRIZ R22 REFERENTE AS LIGACOES A SEREM LIBERA-
C ===== DAS.
      LI1=LI+1
      CALL INVER(R,LI1,LS)
C ===== PRODUTO DE R12 PELA INVERSA DE R22.
      DO 122 I=1,LI
      DO 123 J=LI1,LS
123 G(J)=0.
      DO 124 J=LI1,LS
      DO 124 K=LI1,LS
124 G(J)=G(J)+R(I,K)*R(K,J)
      DO 122 J=LI1,LS
122 R(I,J)=G(J)
C ===== OPERACOES FINAIS PARA OBTENCAO DA MATRIZ REDUZIDA.
      DO 127 I=1,LI
      DO 128 J=1,LI
128 G(J)=0.
      DO 129 J=1,LI
      DO 129 K=LI1,LS
129 G(J)=G(J)+R(I,K)*R(K,J)
      DO 127 J=1,LI
127 R(I,J)=R(I,J)-G(J)
      IDA3=21*(NP-1)+1
      IF(ITEST)131,132,131
C ===== GRAVACAO NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ REDUZIDA
131 WRITE(3'IDA3)((R(I,J),J=I,LI),I=1,LI)
      GO TO 50
C ===== GRAVACAO NO DISCO DA MATRIZ REDUZIDA DIVIDINDO-A NAS SUB-MATRIZES
C ===== RIJ, TAL QUE J-I SEJA MAIOR DO QUE ZERO E MENOR DO QUE 3.
132 NV=0
```

```

NH=0
72 IA=1+NV*MI(NP)
    IB=IA+MI(NP)-1
    IC=1+NH*MI(NP)
    ID=IC+MI(NP)-1
    WRITE(3'IDA3)((R(I,J),I=IA,IB),J=IC, ID)
    IF(NA-3)80,81,81
80 IF(NH-NV-1)68,69,69
81 IF(NH-NV-2)68,69,69
68 NH=NH+1
    IF(NH*MI(NP)-LI)70,69,69
69 NV=NV+1
    IF(NV*MI(NP)-LI)71,50,50
71 NH=NV
70 IDA3=IDA3+1
    GO TO 72
50 LLI(NP)=LI
    RETURN
    END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR REDUZ
COMMON 0 VARIABLES 200 PROGRAM 818

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE REDUZ
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0033

*STORE WS UA REDUZ
CART ID 2006 DB ADDR 2A80 DB CNT 0033

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

SUBROUTINE RIEST(MI,LLI,NG,NA,np,LL,LB,INP)

C === SUBROTINA FORMADORA DA MATRIZ DE RIGIDEZ EM FAIXA DA ESTRUTURA ,
C === ARMAZENADA EM MATRIZ RETANGULAR.

DIMENSION RE(152,57),G(20),MI(1),B(5,20),A(5,20),LLI(1),INP(1),C(2
 *0,20)

C === ZERAMENTO DA MATRIZ RE.

LL=NA*NG

IF(NA-3)6,6,7

6 LB=LL

GO TO 8

7 LB=3*NG

```
8 DO 9 I=1,LL
DO 9 J=1,LB
9 RE(I,J)=0.
C ===== MONTAGEM DA MATRIZ CONSIDERANDO AS CONTRIBUICOES DOS DIVERSOS
C ===== PAINELIS.
DO 50 I=1,NP
KA=INP(I)
LI=LLI(KA)
M1=MI(I)
NV=0
NH=0
C ===== LEITURA NO DISCO DA MATRIZ DE TRANSFORMACAO B.
READ(1,I)8
IDA3=21*(INP(I)-1)+1
C ===== LEITURA DE NOVA SUBMATRIZ RIJ EM CADA FASE DA MONTAGEM.
72 READ(3,IDA3)((A(I1,K),I1=1,M1),K=1,M1)
DO 59 I1=1,M1
DO 57 J1=1,NG
57 G(J1)=0.
DO 58 J1=1,NG
DO 58 K=1,M1
58 G(J1)=G(J1)+A(I1,K)*B(K,J1)
DO 59 J1=1,NG
59 A(I1,J1)=G(J1)
DO 65 I1=1,NG
DO 64 J1=1,NG
64 C(I1,J1)=0.
DO 65 J1=1,NG
DO 65 K=1,M1
65 C(I1,J1)=C(I1,J1)+B(K,I1)*A(K,J1)
IA=1+NV*NG
IB=IA+NG-1
IC=1+NH*NG
ID=IC+NG-1
DO 66 I1=IA,IB
DO 66 K=IC,ID
KA=K-I1+1
IF(KA)66,66,67
67 IA2=I1-IA+1
KA2=K-IC+1
RE(I1,KA)=RE(I1,KA)+C(IA2,KA2)
66 CONTINUE
IF(NA-3)80,81,81
80 IF(NH-NV-1)68,69,69
81 IF(NH-NV-2)68,69,69
68 NH=NH+1
IF(NH*M1-LI)70,69,69
69 NV=NV+1
IF(NV*M1-LI)71,50,50
71 NH=NV
70 IDA3=IDA3+1
```

PAGE 11 A 63

```
GO TO 72
50 CONTINUE
C === CHAMADA DA SUBROTINA DECOMPOSITORA DA MATRIZ RE.
    CALL DECOB(LL,LB,RE)
C === GRAVACAO NO DISCO DA MATRIZ DECOMPOSTA.
    IDA4=1
    WRITE(4'IDA4)((RE(K1,I1),I1=1,LB),K1=1,LL)
    RETURN
    END
```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR RIEST
COMMON 0 VARIABLES 18590 PROGRAM 666

END OF COMPILATION

// DUP

```
*DELETE          RIEST
CART ID 2006  DB ADDR 27D4  DB CNT 002A
```

```
*STORE          WS UA RIEST
CART ID 2006  DB ADDR 2A89  DB CNT 002A
```

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*ONE WORD INTEGERS

*LIST SOURCE PROGRAM

SUBROUTINE DECOB(LL,LB,RE)

```
C === SUBROTINA DECOMPOSITORA DA MATRIZ RE EM UMA MATRIZ FAIXA TRIANGU-
C === LAR SUPERIOR, QUE MULTIPLICADA PELA SUA TRANPOSTA FORNECE A PRI-
C === MEIRA.
```

```
DIMENSION RE(152,57)
DO 100 I=1,LL
  IP=LL-I+1
  IF(LB-IP)101,102,102
101 IP=LB
102 DO 100 J=1,IP
  IQ=LB-J
  IF(I-1-IQ)104,105,105
104 IQ=I-1
105 SUM=RE(I,J)
  IF(IQ-1)106,107,107
107 DO 108 K=1,IQ
  IA=I-K
  JA=J+K
108 SUM=SUM-RE(IA,K+1)*RE(IA,JA)
106 IF(J-1)109,110,109
109 RE(I,J)=SUM*TEMP
  GO TO 100
```

```

110 IF(SUM)111,111,112
111 WRITE(5,113)I,J,SUM
113 FORMAT(//,5X,'SUBROTINA NAO ADEQUADA PARA A RESOLUCAO DO SISTEMA -
    1- PARE. I=',I3,'. J=',I3,'. SUM=',F10.4,'.')
    STOP
112 IF(SUM-0.1)114,115,115
114 WRITE(5,116)SUM
116 FORMAT(//,5X,'SUM =',F8.5,' ***O PEQUENO VALOR DESTA VARIAVEL PODE
    1 TER INTRODUZIDO ERRO NA RESOLUCAO DO SISTEMA ***')
115 TEMP=1./SQRT(SUM)
    RE(I,J)=TEMP
100 CONTINUE
    RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR DECOB
COMMON 0 VARIABLES 14 PROGRAM 332

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE DEC0B
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0016

*STORE WS UA DEC0B
CART ID 2006 DB ADDR 2A9D DB CNT 0016

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*ONE WORD INTEGERS

*LIST SOURCE PROGRAM

SUBROUTINE DIPRO(LL,LB,NA,NG,AB,V,ITEM,NE,E,H,AE,NN,FR)
C ===== SUBROTINA FORMADORA DOS VETORES DE CARGA E CALCULADORA DOS DESLO-
C ===== CAMENTOS DA ESTRUTURA.
DIMENSION RE(152,57),V(1),BA(19),Q(160),H(1),QA(3),NAC(10),REC(14),
 *,AE(1),FR(1)

C ===== LEITURA DE COMENTARIOS E DE INDICES INDICADORES DE CARREGAMENTO.
READ(8,55)IVENT,IRECA,(BA(J),J=1,19)

55 FORMAT(2I2,19A4)

C ===== IMPRESSAO DOS COMENTARIOS LIDOS.
WRITE(5,57)(BA(J),J=1,19)

57 FORMAT(//,5X,19A4,2X,30('*'),/)

C ===== ZERAMENTO DOS VETORES DE CARGA.
DO 117 I=1,NN

117 FR(I)=0.

DO 54 I=1,LL

54 Q(I)=0.

IF(IVENT)95,97,56

C === LEITURA E COMPOSICAO DO VETOR DE CARGA DEVIDO AOS EFEITOS DE VEN-

C === TO.

56 WRITE(5,99)IVENT

99 FORMAT(5X,'CARREGAMENTO DE VENTO NUMERO',I3,/5X,'ANDAR',6X,'CARGA
*X',5X,'CARGA Y',5X,'MOMENTO Z')

J=0

DO 58 I=1,NA

READ(8,59)IA,(QA(K),K=1,3),(NAC(K),K=1,10)

59 FORMAT(15,3F5.0,10I5)

WRITE(5,113)IA,(QA(K),K=1,3)

113 FORMAT(I9,3F12.1)

KI=(NA-IA)*NG+1

Q(KI)=QA(1)

Q(KI+1)=QA(2)

Q(KI+2)=QA(3)

J=J+1

DO 110 K=1,10

IF(NAC(K))111,111,112

112 WRITE(5,114)NAC(K)

114 FORMAT(I9,3(8X,'IDEM'))

KKI=(NA-NAC(K))*NG+1

Q(KKI)=QA(1)

Q(KKI+1)=QA(2)

Q(KKI+2)=QA(3)

110 J=J+1

111 IF(J-NA)58,98,98

58 CONTINUE

C === ACUMULACAO DAS CARGAS DEVIDAS AO VENTO.

98 NS=NA-1

DO 120 I=1,NS

KI=I*NG+1

KA=KI-NG

Q(KI)=Q(KI)+Q(KA)

Q(KI+1)=Q(KI+1)+Q(KA+1)

120 Q(KI+2)=Q(KI+2)+Q(KA+2)

IF(IRECA)95,82,79

97 IF(IRECA)95,95,79

95 ITEM=2

RETURN

C === LEITURA E COMPOSICAO DO VETOR DE CARGA DEVIDO AOS EFEITOS DE RE-

C === CALQUES VERTICAIS DE APOIO.

79 WRITE(5,80)IRECA

80 FORMAT(5X,'ABATIMENTO DE FUNDACAO NUMERO',I3,/5X,'NUMERO DO PILAR'
*,5X,'ABATIMENTO')

85 READ(8,81)(REC(K),K=1,14),I1

81 FORMAT(14F5.0,I5)

DO 40 K=1,13,2

IF(REC(K)-0.1)41,41,42

42 WRITE(5,43)REC(K),REC(K+1)

43 FORMAT(F14.0,F19.3)

```

NRA=(NA-1)*NG+REC(K)+3
IA=NA*REC(K)
Q(NRA)=-E*REC(K+1)*AE(IA)/H(NA)
IA=REC(K)
40 FR(IA)=Q(NRA)
41 IF(I1)85,82,85
C === LEITURA NO DISCO DA MATRIZ FAIXA DECOMPOSTA POR DECOB.
82 IDA4=1
READ(4'IDA4)((RE(K1,I1),I1=1,LB),K1=1,LL)
C === CHAMADA DA SUBROTINA RESOLVEDORA DO SISTEMA DE EQUACOES.
CALL RESOB(LL,LB,RE,Q,V)
DO 70 I=3,LL,NG
70 V(I)=V(I)/AB
ITEM=1
C === IMPRESSAO DOS DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA.
WRITE(5,10)NE
10 FORMAT(//5X,'DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA NUMERO',I3,/5X,36('---'),//,
*5X,'DESLOCAMENTOS RELATIVOS DE ANDAR')
WRITE(5,11)
11 FORMAT(5X,'ANDAR',5X,'DESL.HOR.EM X',5X,'DESL.HOR.EM Y',5X,'ROTACA
10 DE ANDAR')
DO 12 I=1,NA
IA=NA-I+1
J=(I-1)*NG+1
12 WRITE(5,13)IA,V(J),V(J+1),V(J+2)
13 FORMAT(I8,F17.5,F18.5,F21.5)
WRITE(5,14)
14 FORMAT(/5X,'DESL. VERTICAIS AO NIVEL DOS ANDARES NOS SEGUINTE PIL
*ARES',/5X,'ANDAR',3(5X,'PILAR - DESL.'),/)
KS=NG-3
DO 15 I=1,NA
IA =NA-I+1
WRITE(5,16)IA
16 FORMAT('+',I7)
DO 15 K=1,KS,3
J=(I-1)*NG+3+K
WRITE(5,18)K,V(J)
18 FORMAT('+',10X,I8,F11.5)
KT=K+1
IF(KT-KS)19,19,15
19 WRITE(5,21)KT,V(J+1)
21 FORMAT('+',28X,I8,F11.5)
KT=K+2
IF(KT-KS)22,22,15
22 WRITE(5,23)KT,V(J+2)
23 FORMAT('+',46X,I8,F11.5)
15 WRITE(5,24)
24 FORMAT(1X)
RETURN
END

```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR DIPRO
COMMON 0 VARIABLES 17756 PROGRAM 1262

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE DIPRO
CART ID 2006 DB ADDR 2903 DB CNT 0051

*STORE WS UA DIPRO
CART ID 2006 DB ADDR 2A62 DB CNT 0051

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*ONE WORD INTEGERS

*LIST SOURCE PROGRAM

SUBROUTINE RESOB(LL,LB,RE,Q,V)

C ===== SUBROTINA RESOLVEDORA DO SISTEMA DE EQUACOES A PARTIR DA MATRIZ

C ===== FAIXA TRIANGULAR SUPERIOR OBTIDA POR DECOB.

DIMENSION RE(152,57),Q(1),V(1)

DO 120 I=1,LL
J=I-LB+1
IF(I+1-LB)121,121,122

121 J=1
122 SUM=Q(I)
I1=I-1
IF(J-I1)124,124,120

124 DO 125 K=J,I1
KA=I-K+1
125 SUM=SUM-RE(K,KA)*V(K)

120 V(I)=SUM*RE(I,1)
DO 130 IA=1,LL
I=LL-IA+1
J=I+LB-1

IF(J-LL)128,128,127

127 J=LL
128 SUM=V(I)
I1=I+1
IF(I1-J)129,129,130

129 DO 131 K=I1,J
KA=K-I+1
131 SUM=SUM-RE(I,KA)*V(K)
130 V(I)=SUM*RE(I,1)

RETURN
END

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR RESOB
COMMON 0 VARIABLES 10 PROGRAM 256

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE RESOB
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0011

*STORE WS UA RESOB
CART ID 2006 DB ADDR 2AA2 DB CNT 0011

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*ONE WORD INTEGERS

*LIST SOURCE PROGRAM

 SUBROUTINE DESPA(NA,M,MI,NG,IPP,V,NP,INP,LLI,E,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,
 *NN,ITP,IP,FR)

C ===== SUBROTRINA ANALISADORA DOS PAINEIS. CALCULA AS ACOES NAS EXTREMI-
C ===== DADES DOS DIVERSOS MEMBROS.

 REAL MIZ(80)

 DIMENSION AL(80),AR(80),FG(80),AP(80),BP(80),RM(6,6),DM(6),AML(6),
 *M(1),MI(1),V(1),D(88),B(5,20),IPP(10,5),INP(1),R(88,88),LLI(1),F(8
 *8),FR(1),ITP(1),IP(2,25)

 DO 10 J=1,NP

C ===== LEITURA DA MATRIZ DE TRANSFORMACAO DO PAINEL J.

 READ(1'J)B

 KK=INP(J)

 LI=LLI(KK)

C ===== CALCULO DOS DESLOCAMENTOS DO PAINEL J EM SUA NUMERACAO REDUZIDA.

 DO 1 IA=1,NA

 II=(IA-1)*MI(J)+1

 IS=II+MI(J)-1

 KI=(IA-1)*NG+1

 KS=KI+NG-1

 DO 1 I=II,IS

 D(I)=0.

 I2=I-II+1

 DO 1 K=KI,KS

 K2=K-KI+1

 1 D(I)= D(I)+B(I2,K2)*V(K)

C ===== LEITURA NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ REDUZIDA

C ===== DO PAINEL J.

 IDA3=21*(KK-1)+1

 READ(3'IDA3)((R(I,J4),J4=I,LI),I=1,LI)

C ===== FORMACAO DA PARTE TRIANGULAR INFERIOR DA MATRIZ ANTERIOR.

 DO 82 I=1,LI

PAGE 17 A 63

```
DO 82 J4=I,LI
82 R(J4,I)=R(I,J4)
C ===== CALCULO DAS FORCAS ATUANTES NO PAINEL J.
DO 51 I=1,LI
F(I)=0.
DO 51 K=1,LI
51 F(I)=F(I)+R(I,K)*D(K)
C ===== RENUMERACAO DAS FORCAS E DOS DESLOCAMENTOS.
KF=2*M(J)*NA+1
DO 3 IA=1,NA
I=IA*MI(J)
D(KF)=D(I)
F(KF)=F(I)
3 KF=KF+1
DO 13 IA=1,NA
I=(NA-IA+1)*MI(J)-1
K=2*(NA-IA+1)*M(J)
M1=M(J)
DO 13 KA=1,M1
KO=M1-KA+1
IF(IPP(J,KO))7,6,7
6 D(K-1)=0.
F(K-1)=0.
GO TO 8
7 D(K-1)=D(I)
F(K-1)=F(I)
I=I-1
8 F(K)=0.
13 K=K-2
C ===== SUBTRACAO DOS ESFORCOS DEVIDO AOS RECALQUES DE APOIO.
J1=0
DO 113 NO=1,NN
I2=ITP(J)
IF(IP(I2,NO)-J)113,114,113
114 J1=J1+1
KB=2*((NA-1)*M(J)+J1)-1
F(KB)=F(KB)-FR(NO)
113 CONTINUE
C ===== IMPRESSAO DAS FORCAS ATUANTES NO PAINEL J.
WRITE(5,54)J
54 FORMAT(//5X,'FORCAS ATUANTES NO PAINEL NUMERO',I3,1X,10('-'),/5X,
*ANDAR',3X,'FORCA HORIZONTAL',3X,'NO',3X,'FORCA VERTICAL',/)
DO 55 IA=1,NA
JA=NA-IA+1
II=(IA-1)*M(J)+1
IS=II+M(J)-1
K=2*M(J)*NA+IA
F(K)=F(K)-F(K-1)
WRITE(5,56)JA,F(K),II,F(2*II-1)
56 FORMAT(I8,F16.3,I10,F13.3)
```

```

F(K)=F(K)+F(K-1)
II=II+1
DO 55 I=II,IS
55 WRITE(5,58)I,F(2*I-1)
58 FORMAT(I34,F13.3)
C ===== LEITURA NO DISCO DA PARTE TRIANGULAR SUPERIOR DA MATRIZ DE RIGIDEZ DO PAINEL J.
      IDA5=25*(KK-1)+1
      IGL=2*M(J)*NA+NA
      READ(5'IDA5)((R(I1,J1),J1=II,IGL),I1=1,IGL)
C ===== FORMACAO DA PARTE TRIANGULAR INFERIOR DA MATRIZ ANTERIOR.
      DO 70 I1=1,IGL
      DO 70 J1=I1,IGL
70   R(J1,I1)=R(I1,J1)
C ===== INVERSÃO DA MATRIZ R.
      CALL INVER(R,1,IGL)
C ===== CALCULO DOS DESLOCAMENTOS COMPLETOS DO PAINEL J.
      DO 30 I=1,IGL
      D(I)=0.
      DO 30 K=1,IGL
30   D(I)=D(I)+R(I,K)*F(K)
C ===== LEITURA NO DISCO DOS DADOS REFERENTES AOS MEMBROS DO PAINEL J.
      IDA2=6*(KK-1)+1
      READ(2'IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
      WRITE(5,49)J
49   FORMAT(//5X,'ACOES NAS EXTREMIDADES DOS MEMBROS DO PAINEL NUMERO',
      *I3,/5X,'MEMBRO',4X,'AEM1',5X,'AEM2',5X,'AEM3',5X,'AEM4',5X,'AEM5',
      *5X,'AEM6',/)
C ===== CALCULO DAS ACOES NAS EXTREMIDADES DE MEMBRO.
      KF=2*NA*M(J)
      NEL =NA*(2*M(J)-1)
      DO 31 IN=1,NA
      DO 31 IM=1,M1
      IF(IM-M1)33,32,33
33   K=0
      I=2*M1*(IN-1)+IM-IN+1
47   DO 34 I1=1,6
      DO 34 I2=1,I1
34   RM(I1,I2)=0.
      IF(FG(I)-0.001)35,35,36
35   FI=0.
      GO TO 37
36   IF(AR(I)-0.00001)35,35,38
38   FI=(12.*E*MIZ(I))/(FG(I)*AR(I)*AL(I)**2)
C ===== FORMACAO DA MATRIZ DE RIGIDEZ RM DO MEMBRO I.
37   RM(1,1)=E*AR(I)/AL(I)
      RM(4,1)=-RM(1,1)
      RM(4,4)=RM(1,1)
      EC=1./(1.+FI)
      RM(2,2)=(12.*E*MIZ(I)/AL(I)**3)*EC
      RM(5,2)=-RM(2,2)

```

```

RM(5,5)=RM(2,2)
RM(3,2)=(6.*E*MIZ(I)/AL(I)**2)*EC
RM(6,2)=RM(3,2)
RM(5,3)=-RM(3,2)
RM(6,5)=-RM(3,2)
RM(3,3)=(4.+FI)*E*MIZ(I)/AL(I)*EC
RM(6,6)=RM(3,3)
RM(6,3)=(2.-FI)*E*MIZ(I)/AL(I)*EC
IF(AP(I)+BP(I)-0.001)20,20,21
21 R(3,2)=R(3,2)+12.*E*MIZ(I)*AP(I)*EC/AL(I)**3
R(3,3)=R(3,3)+12.*E*MIZ(I)*AP(I)*(1.+AP(I)/AL(I))*EC/AL(I)**2
R(6,2)=R(6,2)+12.*E*MIZ(I)*BP(I)*EC/AL(I)**3
R(5,3)=R(5,3)-12.*E*MIZ(I)*AP(I)*EC/AL(I)**3
R(6,3)=R(6,3)+6.*E*MIZ(I)*(AP(I)+BP(I)+2.*AP(I)*BP(I)/AL(I))*EC/AL
*(I)**2
R(6,5)=R(6,5)-12.*E*MIZ(I)*BP(I)*EC/AL(I)**3
R(6,6)=R(6,6)+12.*E*MIZ(I)*BP(I)*(1.+BP(I)/AL(I))*EC/AL(I)**2
20 DO 39 I1=1,6
DO 39 I2=1,I1
39 RM(I2,I1)=RM(I1,I2)
NO=(IN-1)*M1+IM
IF(K)40,41,40
C ===== FORMACAO DO VETOR DM DOS DESLOCAMENTOS DAS EXTREMIDADES DO MEMBRO
C ===== VIGA.
41 DM(1)=0.
DM(2)=D(2*NO-1)
DM(3)=D(2*NO)
NO1=NO+1
DM(4)=0.
DM(5)=D(2*NO1-1)
DM(6)=D(2*NO1)
GO TO 42
C ===== FORMACAO DO VETOR DM DOS DESLOCAMENTOS DAS EXTREMIDADES DO MEMBRO
C ===== COLUNA.
40 NO1=NO+M1
DM(1)=0.
DM(2)=0.
N1=KF+IN
IF(NA-IN)90,90,91
90 DM(4)=D(2*NO-1)
DM(3)=0.
GO TO 92
91 DM(4)=D(2*NO-1)-D(2*NO1-1)
DM(3)=D(2*NO1)
92 DM(5)=-D(N1)
DM(6)=D(2*NO)
C ===== PRODUTO RM POR DM.
42 DO 43 I1=1,6
AML(I1)=0.
DO 43 I2=1,6

```

PAGE 20 A 63

```
43 AML(I1)=AML(I1)+RM(I1,I2)*DM(I2)
C ===== IMPRESSAO DAS ACOES NAS EXTREMIDADES DE MEMBRO.
      WRITE(5,44)I,(AML(I1),I1=1,6)
44 FORMAT(5X,I5,F10.3,5F9.3)
      IF(I=NEL)45,10,10
45 IF(K)31,32,31
32 K=1
      I=M1*(2*IN-1)+IM-IN
      GO TO 47
31 CONTINUE
10 CONTINUE
      RETURN
END
```

FEATURES SUPPORTED
ONE WORD INTEGERS

CORE REQUIREMENTS FOR DESPA
COMMON 0 VARIABLES 16192 PROGRAM 2244

END OF COMPILATION

// DUP

*DELETE DESPA
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0095

*STORE WS UA DESPA
CART ID 2006 DB ADDR 2A1E DB CNT 0095

// FOR ===== HUMBERTO LIMA SORIANO === TESE

*IOCS(2501READER,1403PRINTER,DISK)

*LIST SOURCE PROGRAM

*ONE WORD INTEGERS

C ===== PROGRAMA PRINCIPAL P/ O CALCULO DO EFEITO DE VENTO E DISTRIBUICAO
C ===== DOS ESFORCOS DEVIDO A RECALQUES VERTICAIS DE APOIO EM ESTRUTURAS
C ===== DE EDIFICIO COM AS SEGUINTES RESTRICOES DE CALCULO =
C ===== A- PAINELIS PERPENDICULARES ENTRE SI.
C ===== B- ESTRUTURAS DE ATÉ 16 INTERSECOES DE PAINELIS, 8 ANDARES E 10
C ===== PAINELIS COM VIGAS DE NO MAXIMO 4 VAOS.

REAL MIZ(80)

DIMENSION AR(80),AL(80),M(10),V(160),FG(80),FR(16),IPP(10,5),ITP(1
*0),MI(10),BA(19),IP(2,25),X(20),Y(20),C(10,5),AP(80),BP(80),NPI(9)
*,HI(5),IIF(5),ISU(5),H(10),LLI(10),INP(10),AE(160)
DEFINE FILE 1(10,200,U,IDA1),2(60,160,U,IDA2),3(210,72,U,IDA3),4(5
*5,320,U,IDA4),5(250,320,U,IDA5)

C ===== IMPRESSAO DO CABECALHO.

WRITE(5,6)

6 FORMAT(1H1,4X,'PROGRAMA DE ENGENHARIA CIVIL',9X,'-',9X,'COPPE/UFRJ
*',/5X,57(''),/5X,'ANALISE DE ESTRUTURAS DE EDIFICIO LATERALMENTE

```

*CARREGADAS*,/5X,57(*-*),/5X,'PROGRAMA VENTO',22X,'HUMBERTO LIMA SO
*RIANO',/5X,57(*-*))
C === LEITURA E IMPRESSAO DOS DADOS GERAIS DA ESTRUTURA.
 998 READ(8,1)NE,(BA(J),J=1,19)
 1 FORMAT(I4,19A4)
  IF(NE)999,999,9
 9 WRITE(5,8)(BA(J),J=1,19),NE
 8 FORMAT(//5X,19A4,//5X,'ESTRUTURA NUMERO',I3,7X,*-,6X,'UNIDADES EM
 * TON. E METRO')
  READ(8,2)NP,NA,NN,OJX,OJY,E,G
 2 FORMAT(3I5,2F5.0,2E10.7)
  WRITE(5,10)NP,NA,NN,E,G
 10 FORMAT(/5X,'DADOS ESTRUTURAIS',9X,*-,//5X,I2,' PAINEL',I10,' AND
 *ARES',I10,' NOS EM PLANTA',//5X,'MODULO DE ELASTICIDADE LONGITUDIN
 *AL',F15.0,/5X,'MODULO DE ELASTICIDADE TRANSVERSAL',F16.0)
  WRITE(5,15)OJX,OJY
 15 FORMAT(/,5X,'COORDENADAS DO CENTRO DE TORCAO',7X,'X =',F5.1,7X,'Y
 *=',F5.1,/)
C === LEITURA DE DADOS E FORMACAO DO VETOR DAS ALTURAS DAS COLUNAS.
 18 READ(8,11)I,HI(I),IIF(I),ISU(I)
 11 FORMAT(I5,F5.0,2I5)
  WRITE(5,5)HI(I),IIF(I),ISU(I)
 5 FORMAT(5X,'ALTURA DE ANDAR',F5.1,13X,'INICIO =',I3,7X,'FIM =',I3)
  K=I
  IF(ISU(I)-NA)18,12,12
 12 DO 17 I=1,K
    J1=NA+1-IIF(I)
    J2=NA+1-ISU(I)
    DO 17 J=J2,J1
 17 H(J)=HI(I)
C === LEITURA E IMPRESSAO DA LISTA DE INCIDENCIA DOS PAINELS.
  WRITE(5,19)
 19 FORMAT(/,5X,'COORDENADAS DOS NOS EM PLANTA',7X,'PAINEL QUE INTERS
 *EPTA',//,5X,'NO',9X,'X',10X,'Y',9X,'PAINEL // A X PAINEL // A Y')
  READ(8,3)(J,X(J),Y(J),IP(1,J),IP(2,J),IA=1,NN)
 3 FORMAT(I5,2F5.0,3I5,2F5.0,3I5,2F5.0,2I5)
  WRITE(5,20)(J,X(J),Y(J),IP(1,J),IP(2,J),J=1,NN)
 20 FORMAT(5X,I2,2F11.2,2I16)
C === ANALISE DA TOPOLOGIA DA ESTRUTURA.
  NG=3
  DO 26 I=1,NN
  K=IP(1,I)
  IF(K)22,22,23
 23 ITP(K)=1
 22 K=IP(2,I)
  IF(K)26,26,25
 25 ITP(K)=2
  IF(IP(1,I))26,26,21
 21 NG=NG+1
 26 CONTINUE
  AB=0.

```

```

DO 28 I=1,NP
J=0
L=0
M(I)=0
K=ITP(I)
DO 29 NO=1,NN
IF(IP(K,NO)-I)29,31,29
31 J=J+1
M(I)=M(I)+1
IF(K-1)32,33,32
32 C(I,J)=Y(NO)
BA(I)=X(NO)-OJX
IF(IP(K-1,NO))36,35,36
35 IPP(I,J)=0
GO TO 29
33 C(I,J)=X(NO)
BA(I)=OJY-Y(NO)
IF(IP(K+1,NO))36,35,36
36 IPP(I,J)=1
L=L+1
29 CONTINUE
MI(I)=L+1
IF(AB-ABS(BA(I)))38,28,28
38 AB=ABS(BA(I))
28 CONTINUE
C === CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE TRANSFORMACAO.
CALL TRANS(AB,IPP,NP,MI,NG,NN,BA,IP,M,ITP)
K=NA*NN
DO 80 J=1,K
80 AE(J)=0.
C === LEITURA, IMPRESSAO E ARMAZENAMENTO NO DISCO DOS DADOS REFERENTES
C === AOS DIVERSOS PAINEIS.
I1=0
DO 86 I=1,NP
READ(8,90)IO,NVBR,NVEC,NPEC,(NPI(J),J=1,9)
90 FORMAT(13I5)
WRITE(5,41)IO
41 FORMAT(// ,5X,'DADOS PARA O PAINEL NUMERO =',I3,/,5X,31(''),/5X,'*
*ELEM.',2X,'COMPR.',3X,'AREA',3X,'M.INERC.',2X,'BREEV',3X,'BREDV',4
*X,'FFEC',/)
NEL=NA*(2*M(IO)-1)
DO 92 J=1,NEL
AR(J)=0.
FG(J)=0.
AP(J)=0.
92 BP(J)=0.
IF(NVBR)87,87,88
88 READ(8,91)(IA,AP(IA),BP(IA),J=1,NVBR)
91 FORMAT(5(I5,2E5.0))
87 IF(NVEC)107,107,89
89 READ(8,91)(IA,AR(IA),FG(IA),J=1,NVEC)

```

```

107 IF(NPEC)109,109,110
110 READ(8,43)(IA,FG(IA),J=1,NPEC)
109 READ(8,43)(IA,MIZ(IA),J=1,NEL)
43 FORMAT(8(I5,E5.0))
NC=NA*M(IO)
READ(8,43)(IA,AR(IA),J=1,NC)
C ===== CALCULO DO COMPRIMENTO DOS ELEMENTOS.
K=1
47 KS=K+M(IO)-2
DO 77 J=K,KS
JA=J-K+1
77 AL(J)=C(IO,JA+1)-C(IO,JA)-AP(J)-BP(J)
K=J
KS=K+M(IO)-1
DO 44 J=K,KS
NH=(K+M(IO)-1)/(2*M(IO)-1)
44 AL(J)=H(NH)
JA=2*M(IO)*NA-MI(IO)-NA+1
IF(J-JA)46,46,45
46 K=J
GO TO 47
45 WRITE(5,48)(J,AL(J),AR(J),MIZ(J),AP(J),BP(J),FG(J),J=1,NEL)
48 FORMAT(I8,F9.2,F8.3,F10.5,F8.2,F8.2,F8.2)
DO 120 J=1,NEL
IF(FG(J)-0.001)120,120,121
121 FG(J)=G/FG(J)
120 CONTINUE
C ===== FORMACAO DO VETOR AE DAS AREAS REAIS DAS COLUNAS DA ESTRUTURA.
J=0
DO 81 NO=1,NN
I2=ITP(IO)
IF(IP(I2,NO)-IO)81,82,81
82 J=J+1
DO 83 I3=1,NA
KA=(NO-1)*NA+I3
KB=M(IO)*(2*I3-1)+J-I3
83 AE(KA)=AE(KA)+AR(KB)
81 CONTINUE
INP(IO)=IO
IDA2=6*(IO-1)+1
WRITE(2*IDA2)AR,AL,MIZ,FG,AP,BP
I1=I1+1
C ===== VERIFICACAO DOS PAINELIS DE DADOS IDENTICOS AO ANTERIOR.
DO 96 J1=1,9
IF(NPI(J1))100,100,93
93 IA=NPI(J1)
J=0
DO 84 NO=1,NN
I2=ITP(IA)
IF(IP(I2,NO)-IA)84,85,84

```

```

85 J=J+1
DO 52 I3=1,NA
KA=(NO-1)*NA+I3
KB=M(IA)*(2*I3-1)+J-I3
52 AE(KA)=AE(KA)+AR(KB)
84 CONTINUE
INP(IA)=IO
I1=I1+1
96 WRITE(5,94)NPI(J1)
94 FORMAT(/5X,'O PAINEL',I3,' TEM OS MESMOS DADOS DO PAINEL ANTERIOR'
*)
100 IF(I1-NP)86,101,101
86 CONTINUE
101 ITEST=0
C ===== CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DAS MATRIZES DE RIGIDEZ DE PAINEL
C ===== CONSIDERANDO A METADE DA RIGIDEZ AXIAL DAS COLUNAS CORRESPONDEN-
C ===== TES A INTERSECOES DE PAINEIS.
    CALL RIGID(NA,E,M,MI,IPP,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NP,LLI,INP,NN,ITP,IP,A
    *E,ITEST)
C ===== CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DA MATRIZ DE RIGIDEZ DA ESTRUTRA A
C ===== PARTIR DAS CONTRIBUICOES DOS PAINEIS.
    CALL RIEST(MI,LLI,NG,NA,NP,LL,LB,INP)
    ITEST=1
C ===== CHAMADA DA SUBROTINA RIGIDO CONSIDERANDO A RIGIDEZ AXIAL REAL DAS
C ===== COLUNAS.
    CALL RIGID(NA,E,M,MI,IPP,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NP,LLI,INP,NN,ITP,IP,A
    *E,ITEST)
C ===== CHAMADA DA SUBROTINA FORMADORA DOS VETORES DE CARGA E CALCULADORA
C ===== DOS DESLOCAMENTOS DA ESTRUTURA.
    51 CALL DIPRO(LL,LB,NA,NG,AB,V,ITEM,NE,E,H,AE,NN,FR)
        GO TO(69,95),ITEM
C ===== CHAMADA DA SUBROTINA CALCULADORA DOS DESLOCAMENTOS DE PAINEL E A-
C ===== COES NAS EXTREMIDADES DE MEMBRO.
    69 CALL DESPA(NA,M,MI,NG,IPP,V,NP,INP,LLI,E,AL,MIZ,AR,AP,BP,FG,NN,ITP
    *,IP,FR)
        GO TO 51
    95 GO TO 998
999 CALL EXIT
END

```

FEATURES SUPPORTED
 ONE WORD INTEGERS
 IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR
 COMMON 0 VARIABLES 2138 PROGRAM 2128

END OF COMPILATION

// DUP

PAGE 25 A 63

*DELETE VENTO
CART ID 2006 DB ADDR 27D4 DB CNT 0089

*STORE WS UA VENTO
CART ID 2006 DB ADDR 2A2A DB CNT 0089