

Resolução de Pórtico Plano, com Elemento de Eixo Reto e Seção Constante, por meio de Computadores Digitais

José Valdiberto Loureiro de Oliveira*

Com o advento dos computadores digitais, sua utilização se torna cada vez mais necessária no sentido de minimizar o trabalho daqueles que lidam diretamente com o cálculo estrutural. O presente trabalho foi desenvolvido com a intenção de prestar uma contribuição neste sentido.

Consta, o mesmo, de um programa em FORTRAN destinado ao cálculo dos esforços em pórticos planos compostos por elementos de eixo reto com seção constante (são os mais comuns em edifícios) e número qualquer de barras e carregamentos. O método utilizado é o das forças (ou flexibilidade) com tratamento matricial.

Deixamos de apresentar o desenvolvimento teórico por ser desnecessário em presença do objetivo a que nos propomos.

O pórtico deve ter suas barras orientadas segundo um sistema ortogonal de eixos a fim de que se possa for-

necer, ao computador, as coordenadas de seus nós.

Os dados de entrada estão indicados no quadro dado abaixo. As simbologias principais também vêm explicitadas com seus significados e observações.

Títulos e comentários — segundo o nº de ordem

- * 01 — Informações gerais sobre a estrutura:
 - M — Número de elementos (barras);
 - NJ — Número de juntas (nós);
 - NR — Número de ligações possíveis, por nó;
 - NRJ — Número de apoios;
 - E — Módulo de elasticidade do material (Kgf/m²).
- * 02 — Coordenadas dos nós:
 - J — Número do nó;
 - X(J) — Coordenada do nó em relação ao eixo x;
 - Y(J) — Coordenada do nó em relação ao eixo y.

DADOS PARA ENTRADA NO PROGRAMA

Nº DE ORDEM	Nº DE CARTÕES	VARIÁVEIS (POR CARTÃO)	FORMATO (FORMAT)	Obs.:
01	01	M, NJ, NR, NRJ, E	415, E 10.1	
02	NJ	J, X (J), Y (J)	I10, 2 F 10.3	NJ — Deve ser fornecido ao computador nos comandos REAL e DIMENSION
03	M	I, JJ (I), JK (I), AX (I), IZ (I)	3I3, 2 F 10.2	M — Deve ser fornecido ao computador nos comandos REAL e DIMENSION
04	NRJ	J, RL (3* J - 2), RL (3* J - 1), RL (3* J)	I 3, 3 I 2	
05	01	NLS	I5	
06	01	NLJ, NLML, NLMC	3I2	
07	NLJ	K, A (3* K - 2), A(3* K - 1), A (3*K)	I3, 3 F 10.3	Nº de nós c/carga
08	NLML	I, AML (I, 1), AML (I, 2), AML (I, 3), AML (I,4), AML (I,5), AML (I,6)	I3, 6 F 10.3	
09	NLMC	I, NCD (I), NCC (I)	3I3	
10	NCD	QEY (J), QEX (J), QDY(J), QDX(J), DA(J), DB(J)	6 F 10.3	
11	NCC	PY (J), PX (J), DA (J)	3 F 10.3	

* Eng^o Civil. Prof. Assistente da Universidade de Fortaleza.

- * 03 - Incidência e propriedade dos elementos:
 I - Número do elemento;
 JJ(I) - Nó inicial;
 JK(I) - Nó final;
 AX(I) - Área da seção transversal do elemento;
 IZ(I) - Momento de inércia referido ao eixo z.

- * 04 - Relativo às ligações dos nós:
 J - Número do nó ($\neq 0$)
 RL(3*J-2) - Existência de vínculo na direção x;
 RL(3*J-1) - " " " " " y;
 RL(3*J) - " " " " " z.
 Obs.: Os valores atribuídos aos RL () devem ser um (1) ou zero (0), conforme existam, ou não, ligação (vínculo) na referida direção.
 Ex.: RL () = 1 existe vínculo
 RL () = 0 não existe vínculo.

- * 05 - Casos de carregamento:
 NLS - Número de casos de carregamento.
 Obs.: Se houver mais de um caso de carregamento, os cartões subsequentes devem ser repetidos para cada caso.

- * 06 - Informações gerais sobre os carregamentos:
 NLJ - Número de nós com carga;
 NLML - Número de elementos com cargas em que os momentos de engastamento perfeito (AML) são fornecidos como dados (opcional);
 NLMC - Número de elementos com cargas em que os momentos de engastamentos perfeitos (AML) são calculados em subrotina (mais comum)

- * 07 - Cargas sobre os nós:
 K - Número do nó;
 A(3*K-2) - Ação aplicada na direção x;
 A(3*K-1) - " " " " " y;
 A(3*K) - " " " " " z.
 Obs.: Esses dados só serão lidos se houver carga no nó respectivo. - NLJ.

- * 08 - Ações de engastamento devido as cargas nos elementos quando os AML são fornecidos como dados (NLML $\neq 0$) - OPCIONAL
 I - Número do elemento
 AML(1,1) - Ações de engastamento na direção X; (NÓ J)
 AML(1,2) - " " " " " Y; (,, ..)
 AML(1,3) - " " " " " Z; (,, ..)
 AML(1,4) - Ações de engastamento na direção X; (NÓ K)
 AML(1,5) - " " " " " Y; (,, ..)
 AML(1,6) - " " " " " Z. (,, ..)

- * 09 - Dados gerais para o cálculo dos AML por subrotina:
 I - Número de elemento;
 NCD - Número de cargas distribuídas.
 NCC - Número de cargas concentradas.

- * 10 - Dados para o cálculo dos AML em subrotina devido a cargas distribuídas:
 Q E Y - Componente à esquerda da carga distribuída na direção Y;
 Q E X - Componente à esquerda da carga distribuída na direção X;
 Q D Y - Componente à direita da carga distribuída na direção Y;
 Q D X - Componente à direita da carga distribuída na direção X;
 DA - Distância de Q E Y e Q E X ao nó J;
 DB - Distância de Q E Y e Q E X ao nó K.

- * 11 - Dados para o cálculo dos AML em subrotina devido a cargas concentradas:
 PY - Cargas concentradas na direção Y;
 PX - " " " " " X;

DA - Distância do ponto de aplicação da carga concentrada ao nó J.

LISTAGEM

PAG-01

SUBROUTINE (RCTE (L, I, E, AX, IZ, SM)

```

C
C *****
C *
C *SUBROTINA PARA OBTENÇÃO DA MA-
C *TRIZ DE RIGIDEZ DE ELEMENTOS RETOS *
C *
C *****
C
REAL IZ (M), L(M)
DIMENSION AX(M), SM(6, 6)
DO 10 J = 1,6
DO 10 K = 1, J
10 SM (J,K) = 0
SM (1,1) = E*AX (I) / L (I)
SM (2,2) = 12.*E*IZ (I) / L (I)**3
SM (3,2) = 6.*E*IZ (I) / L (I)**2
SM (3,3) = 4.*E*IZ (I) / L (I)
SM (4,1) = -SM (1,1)
SM (4,4) = SM (1,1)
SM (5,2) = -SM (2,2)
SM (5,3) = -SM (3,2)
SM (5,5) = SM (2,2)
SM (6,2) = SM (3,2)
SM (6,3) = SM (3,3) / 2.
SM (6,6) = SM (3,3)
DO 20 J = 1,6
DO 20 K = 1,J
20 SM (K,J) = SM (J,K)
RETURN
END
SUBROUTINE INV2 (A,M)

```

```

C
C *****
C *
C *SUBROUTINA PARA INVERSÃO DA MA-
C *TRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO *
C *
C *****
C
DIMENSION A(60,60), G(60), H(60)
A (1,1) = 1. / A (1,1)
DO 20 N = 1,M - 1
K = N + 1
DO 30 I = 1,N
G (I) = 0.
DO 20 J = 1,N
30 G (I) = G(I) + A(I,J)*A(J,K)
D = 0.
DO 40 I = 1,N
40 D = D + A (K,I)*G (I)
E = A (K,K) - D

```

LISTAGEM

PAG-02

```

A (K,K) = 1./E
DO 50 I = 1,N
50 A (I,K) = -G (I)*A (K,K)
DO 60 J = 1,N
H (J) = 0.
DO 60 I = 1,N
60 H (J) = H (J) + A (K,I)*A (I,J)
DO 70 J = 1,N
70 A (K,J) = -H (J)*A (K,K)
DO 20 I = 1,N
DO 20 J = 1,N

```

```

20 A (I,J) = A (I,J) -G (I) * A (K,J)
RETURN
END
SUBROUTINE DISCT (NCD,I,I,AML)
*****
*
*SUBROTINA PARA O CÁLCULO DAS *
* AÇÕES DE ENGASTAMENTO NAS EX- *
* TREMIDADES DE ELEMENTOS RETOS DE *
* SEÇÃO CONSTANTE SUJEITOS A CAR- *
* GÁS DISTRIBUÍDAS. *
*****

REAL L (M)
DIMENSION NCD (M), AML (M,6), QEY (NJ),
QEX (NJ), QDX (NJ), QDY (NJ), DA (NJ),
1 DB (NJ), QTY (NJ), QTX (NJ), QY (NJ),
QX (NJ)
NCDI = NCD (I)
READ (8,1) (QEY (J), QEX (J), QDY (J), QDX
(J), QDX (J), DA (J), DB (J), J = 1,NCDI)
1 FORMAT (6F10.3)
WRITE (5,6)
6 FORMAT (//8X, 'QEY', 9X, 'QEX', 9X, 'QDY',
9X, 'QDX', 10X, 'DA', 10X, 'DB', //)
WRITE (5,2) (QEY (J), QEX (J), QDY (J),
QDX (J), DA (J), DB (J), J = 1, NCDI)
2 FORMAT (6F12.3)
DO 110 J = 1,NCDI
DC = L (I) - (DA (J) + DB (J))
A = DA (J) + DC/2.
B = L (I) - A
IF (QEY (J) + QDY (J)) 3, 5, 3
3 IF (ABS (QEY (J) -ABS (QDY (J))) 30, 10, 20
5 IF (ABS (QEX (J) -ABS (QDX (J))) 30, 10, 20
10 QX (J) = QEX (J)
QY (J) = QEY (J)
GO TO 70
20 QTX (J) = QEX (J) -QDX (J)
QTY (J) = QEY (J) -QDY (J)
QX (J) = QDX (J)
QY (J) = QDY (J)
AG = DA (J) + DC/3.
BG = L (I) - AG

```

```

LISTAGEM
JC = 0
GO TO 40
30 QTX (J) = QDX (J) - QEX (J)
QTY (J) = QDY (J) - QEY (J)
QX (J) = QEX (J)
QY (J) = QEY (J)
AG = DB (J) + DC/3.
BG = L (I) - AG
TP = DA (J)
DA (J) = DB (J)
DB (J) = TP
JC = 1
40 ET1 = QTX (J) * DC * BG / (2 * L (I))
ET4 = QTX (J) * DC * AG / (2 * L (I))
ET31 = QTY (J) * DC / (60 * L (I) ** 2)
ET32 = 10 * DB (J) ** 2 * (3 * DA (J) + DC) +
+ DC ** 2 * (15 * DA (J) + 10 * DB (J) + 3 * DC) +
140 * DA (J) * DB (J) * DC
ET3 = ET31 * ET32
ET61 = ET31
ET62 = 10 * DA (J) ** 2 * (3 * DB (J) + 2 * DC) +
DC ** 2 * (10 * DA (J) + 5 * DB (J) +
12 * DC) + 20 * DA (J) * DB (J) * DC
ET6 = ET61 * ET62

```

```

ET2 = QTY (J) * DC * BG / (2 * L (I))
IF (JC) 60, 50, 60
50 AML (I,1) = AML (I,1) - ET1
AML (I,2) = AML (I,2) - ET2 - (ET3 - ET6) /
L (I)
AML (I,3) = AML (I,3) - ET3
AML (I,4) = AML (I,4) - ET4
AML (I,5) = AML (I,5) - ET5 + (ET3 - ET6) /
L (I)
AML (I,6) = AML (I,6) + ET6
GO TO 70
60 AML (I,1) = AML (I,1) - ET4
AML (I,2) = AML (I,2) - ET5 + (ET3 - ET6) /
L (I)
AML (I,3) = AML (I,3) - ET6
AML (I,4) = AML (I,4) - ET1
AML (I,5) = AML (I,5) - ET2 - (ET3 - ET6) /
L (I)
AML (I,6) = AML (I,6) + ET3
70 IF (DA (J) + DB (J)) 90, 80, 90
80 ED3 = (QY (J) * L (I) ** 2) / 12.
ED6 = ED3
GO TO 100
90 ED3 = (QY (J) * DC) / (12 * L (I) ** 2) * (12 * A * B *
* 2 + DC ** 2 * (L (I) - 3 * B))
ED6 = (QY (J) * DC) / (12 * L (I) ** 2) * (12 * A **
2 * B + DC ** 2 * (L (I) - 3 * A))
100 AML (I,1) = AML (I,1) - QX (J) * DC * B / L (I)
AML (I,2) = AML (I,2) - QY (J) * DC * B / L (I) -
(ED3 - ED6) / L (I)
AML (I,3) = AML (I,3) - ED3
AML (I,4) = AML (I,4) - QX (J) * DC * A / L (I)
AML (I,5) = AML (I,5) - QY (J) * DC * A / L (I)
+ (ED3 - ED6) / L (I)
AML (I,6) = AML (I,6) + ED6
110 CONTINUE

```

LISTAGEM PAG-04

```

RETURN
END
SUBROUTINE CONC (NCC, L, I, AML)
C
C *****
C *
C *SUBROTINA PARA O CÁLCULO DAS *
C * AÇÕES DE ENGASTAMENTO NAS EXTRE- *
C * MIDADES DE ELEMENTOS RETOS DE SE- *
C * ÇÃO CONSTANTE SUJEITO A CARGAS *
C * CONCENTRADAS *
C *
C *****
C
REAL L (M)
DIMENSION AML (M6), NCC (M), PY (NJ),
PX (NJ), DA (NJ), DB (NJ)
NCCI = NCC (I)
READ (8,1) (PY (J), PX (J), DA (J), J = 1,
NCCI)
1 FORMAT (3F10.3)
WRITE (5,3)
3 FORMAT (// 9X, 'PY', 10X, 'PX', 10X, 'DA',
//)
WRITE (5,2) (PY (J), PX (J), DA (J), J = 1,
NCCI)
WRITE (5,2) (PY (J), PX (J), DA (J), J = 1,
NCCI)
2 FORMAT (6F12.3)
DO 10 J = 1, NCCI
DB (J) = L (I) - DA (J)
VA3 = -PY (J) * DA (J) * DB (J) ** 2 / (L (I) ** 2)

```

```

VA6 = +PY (J)*DA (J)**2*DB (J)/(L(I)**2)
VA6 = +PY (J)*DA (J)**2*DB (J)/(L(I)**2)
AML (I,1) = AML (I,1) - PX (J)*DB (J)/L(I)
AML (I,2) = AML (I,2) - PY (J)*DB (J)/L(I)
+ (VA3 + VA6)/L(I)
AML (I,3) = AML (I,3) + VA3
AML (I,4) = AML (I,4) - PX (J)*DA (J)/L(I)
AML (I,5) = AML (I,5) - PY (J)*DA (J)/L(I)
- (VA3 + VA6)/L(I)
10 AML (I,6) = AML (I,6) + VA6
RETURN
END

```

C
C
C
C
C
C

```

*****
*
*PROGRAMA PRINCIPAL*
*
*****

```

```

DIMENSION X(NJ), Y( NJ), JJ (M), JK (M),
CX (M), CY (M), AX (M), S (60,60),
*XMR (6,6), SMD (6,6), A (60), AE (60), AR
(60), AML (M,6), NCC (M), NCD (M), SM
(6,6), AC (60), AMD (6), D (60), AM (M,6)
REAL IZ (M), L(M)
INTEGER RL (60), CRL (60)
*****

```

C
C
C
C
C

```

*
*LEITURA E IMPRESSÃO DOS DADOS GE-
*GERAIS SOBRE A ESTRUTURA
*

```

LISTAGEM

PAG-05

C
C

```

*****
READ (8,2) M, NJ, NR, NRJ, E
2 FORMAT (415,111)
N = 3*NJ-NR
WRITE (5,3) M, NJ, NR, NRJ, N, E
3 FORMAT (///5X, 'NÚMERO DE ELEMEN-
TOS M = ', 15, //5X, 'NÚMERO DE JUNTAS
*NJ = ', 15, //5X, 'NÚMERO DE LIGAÇÕES
*NR = ', 15, //5X, 'NÚMERO DE NÓS EM
*QUE PELO MENOS UMA DIREÇÃO E RES-
*TRINGIDA NRJ = ', 15, //5X, 'NÚMERO TO-
*TAL DE GRAUS DE LIBERDADE DA ES-
*TRUTURA N = ', 15, //5X, 'MÓDULO DE
*ELASTICIDADE E = ', F15.0)

```

C
C
C
C
C
C
C

```

*****
*
*LEITURA E IMPRESSÃO DAS COORDENA-
*DAS DOS NÓS
*
*****

```

```

DO 5 IC = 1,NJ
READ (3,4) J,X (J), Y (J)
4 FORMAT (I10,2F10.3)
5 CONTINUE
WHIRTE (5,6) (J,X (J), Y (J), J = 1, NJ)
6 FORMAT (///10X, ' - COORDENADAS DOS
NÓS - ', //5X, 'NO', 12X, ' X (J) ', 12X, ' Y
(J) ', /// (//4X, 13, 6X, F10.2, 6X, F10.2) )

```

C
C
C
C
C
C
C

```

*****
*
*INCIDÊNCIA E PROPRIEDADE DOS ELE-
*MENTOS
*
*****

```

```

DO 8 IC = 1,M
READ (8,7) I,JJ (I), JK(I), AX(I), IZ(I)
7 FORMAT (313,F11.5,F10.6)
8 CONTINUE
WRITE (5,9) (I,JJ(I), JK(I), AX(I), IZ(I), I = 1,
M)
9 FORMAT (/// 10X, ' - INCIDÊNCIA E PRO-
PRIEDADE DOS ELEMENTOS - ', //5, 'ELE-
*MENTO ', 5X, 'JJ', 5X, 'JK', 10X, 'AX',10X,
'IZ', /// (7X, I3, 7X, I3, 4X, I3, 6X
*, F10.4, 2X, F12.6) )
DO 10 I = 1,M
JJI = JJ (I)
JKI = JK (I)
XCL = X(JKI) - X (JJI)
YCL = Y (JKI) - Y (JJI)
L (I) = SQRT (XCL**2 + YCL**2)
CX (I) = XCL/L (I)
CY (I) = YCL/L (I)
10 CONTINUE
WRITE (5,11) (I,I(I), CX(I), CY(I), I = 1, M)
11 FORMAT (///10X, ' - COMPRIMENTO DAS
BARRAS E COSENOS DIRETORES - ', //5X

```

LISTAGEM

PAG-06

C
C
C
C
C
C
C

```

*, 'ELEMENTO', 7X, 'COMP', 15X, 'CX', 15X,
'CY', /// (7X, I3, 4X, F10.3, 11X, F1
*0.7, 7X, F10.7) )

```

```

*****
*
*LISTA DE LIGAÇÕES *
*
*****

```

```

NJ3 = 3*NJ
DO 12 J = 1, NJ3
12 RL (J) = 0.
DO 14 IC = 1, NRJ
READ (8,13) (J, RL (3*J-2), RL (3*J-1), RL
(3*J))
13 FORMAT (413)
14 CONTINUE
WRITE (5,15) (J,RL (3*J-2), RL (3*J-1), RL
(3*J), J = 1, N)
15 FORMAT (// 29X, ' - LIGAÇÕES - ', //15X,
'NO', 8X, 'DIREÇÃO X', 3X, 'DIREÇÃO Y'
*, 3X, 'DIREÇÃO Z', (// 14X, I3, 13X, 11, 11X,
11, 11X, 11)

```

C
C
C
C
C
C
C

```

*****
*
*LISTA CUMULATIVA DE LIGAÇÕES *
*
*****

```

```

CRL (1) = RL (1)
DO 16 K = 2, NJ3
16 CRL (K) = CRL (K - 1) + RL (K)
IF (CRL (NJ3) -NR) 17, 19, 17
17 WRITE (5, 18)

```

```

18 FORMAT (20X, 'NÚMERO DE REAÇÕES
LIDAS DIFERENTE DO NÚMERO DE RE-
AÇÕES
* EXISTENTES')
19 CONTINUE
DO 20 I = 1, NJ3
DO 20 J = 1, NJ3
20 S (I,J) = 0.

```

C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C

LISTAGEM

PAG-07

C

```

J1A = 3*JJ (I) -2
J2A = 3*JI (I) -1
J3A = 3*JJ (I)
K1A = 3*JK (I) -2
K2A = 3*JK (I) -1
K3A = 3*JK (I)

```

*
REMUNERAÇÃO DAS LIGAÇÕES

```

IF (RL (J1A)) 22, 21, 22
21 J1 = J1A - CRL (J1A)
GO TO 23
22 J1 = N + CRL (J1A)
23 IF (RL (J2A)) 25, 24, 25
24 J2 = J2A - CRL (J2A)
GO TO 26
25 J2 = N + CRL (J2A)
26 IF (RL (J3A)) 28, 27, 28
27 J3 = J3A - CRL (J3A)
GO TO 29
28 J3 = N + CRL (J3A)
29 IF (RL (K1A)) 31, 30, 31
30 K1 = K1A - CRL (K1A)
GO TO 32
31 K1 = N + CRL (K1A)
32 IF (RL (K2A)) 34, 33, 34
33 K2 = K2A - CRL (K2A)
GO TO 35
34 K2 = N + CRL (K2A)
35 IF (RL (K3A)) 37, 36, 37
36 K3 = K3A - CRL (K3A)
GO TO 38
37 K3 = N + CRL (K3A)
38 CONTINUE

```

C
C
C
C
C
C
C

```

*****
*
* DETERMINAÇÃO DA MATRIZ DE RIGI-
* DEZ DO ELEMENTO
*
*****

```

C
C
C
C

CALL RICTE (L, I, E, AX, IZ, SM)

```

*****
*
```

LISTAGEM

PAG-08

C
C
C
C

```

*CONSTRUÇÃO DA MATRIZ SMR*
*
*****

```

```

DO 39 K = 1,2
DO 39 J = 1,6
SMR (J, 3*K - 2) = SM (J, 3*K - 2)*CX (I) -SM
(J, 3*K - 1)*CY (I)
SMR (J, 3*K - 1) = SM (J, 3*K - 2)*CY (I) +
SM (J, 3*K - 1)*CX (I)
SMR (J, 3*K) = SM (J, 3*K)
39 CONTINUE

```

C
C
C
C
C
C

```

*****
*
*CONSTRUÇÃO DA MATRIZ SMD*
*
*****

```

```

DO 40 J = 1,2
DO 40 K = 1,6
SMD (3*J - 2, K) = SMR (3*J - 2, K)*CX (I) -
SMR (3*J - 1, K)*CY (I)
SMD (3*J - 1, K) = SMR (3*J - 2, K)*CY (I) +
SMR (3*J - 1, K)*CX (I)
SMD (3*J, K) = SMR (3*J, K)

```

40
C
C
C
C
C
C

```

CONTINUE
WRITE (15, 'I) SMR, J1A, J2A, J3A, K1A,
K2A, K3A

```

```

*****
*
* DETERMINAÇÃO DA MATRIZ DE RIGI-
* DEZ GLOBAL
*
*****
S (J1, J1)
S (J1, J1) = S (J1, J1) + SMD (1, 1)
S (J2, J1) = S (J2, J1) + SMD (2, 1)
S (J3, J1) = S (J3, J1) + SMD (3, 1)
S (K1, J1) = S (K1, J1) + SMD (4, 1)
S (K2, J1) = S (K2, J1) + SMD (5, 1)
S (K3, J1) = S (K3, J1) + SMD (6, 1)
S (J1, J2) = S (J1, J2) + SMD (1, 2)
S (J2, J2) = S (J2, J2) + SMD (2, 2)
S (J3, J2) = S (J3, J2) + SMD (3, 2)
S (K1, J2) = S (K1, J2) + SMD (4, 2)
S (K2, J2) = S (K2, J2) + SMD (5, 2)
S (K3, J2) = S (K3, J2) + SMD (6, 2)
S (J1, J3) = S (J1, J3) + SMD (1, 3)
S (J2, J3) = S (J2, J3) + SMD (2, 3)
S (J3, J3) = S (J3, J3) + SMD (3, 3)
S (K1, J3) = S (K1, J3) + SMD (4, 3)
S (K2, J3) = S (K2, J3) + SMD (5, 3)
S (K3, J3) = S (K3, J3) + SMD (6, 3)
S (J1, K1) = S (J1, K1) + SMD (1, 4)

```

LISTAGEM

PAG-09

```

S (J2, K1) = S (J2, K1) + SMD (2, 4)
S (J3, K1) = S (J3, K1) + SMD (3, 4)
S (K1, K1) = S (K1, K1) + SMD (4, 4)

```

```

S (K2, K1) = S (K2, K1) + SMD (5, 4)
S (K3, K1) = S (K3, K1) + SMD (6, 4)
S (J1, K2) = S (J1, K2) + SMD (1, 5)
S (J2, K2) = S (J2, K2) + SMD (2, 5)
S (J3, K2) = S (J3, K2) + SMD (3, 5)
S (K1, K2) = S (K1, K2) + SMD (4, 5)
S (K2, K2) = S (K2, K2) + SMD (5, 5)
S (K3, K2) = S (K3, K2) + SMD (6, 5)
S (J1, K3) = S (J1, K3) + SMD (1, 6)
S (J2, K3) = S (J2, K3) + SMD (2, 6)
S (J3, K3) = S (J3, K3) + SMD (3, 6)
S (K1, K3) = S (K1, K3) + SMD (4, 6)
S (K2, K3) = S (K2, K3) + SMD (5, 6)
S (K3, K3) = S (K3, K3) + SMD (6, 6)
1000 CONTINUE
*****
*
*INVERSÃO DA MATRIZ DE RIGIDEZ*
*
*****
IF (N) 99, 100, 99
99 CALL INV2 (S, N)
100 READ (8, 41) NLS
41 FORMAT (15)
WRITE (5, 42) NLS
42 FORMAT (/// 5X, 'NLS = ', I5)
NL = 0
43 NL = NL + 1
WRITE (5, 45) NL
45 FORMAT (// 05X, 'CARREGAMENTO NÚME-
RO', I2)
READ (8, 46) NLJ, NLML, NLMC
46 FORMAT (3I2)
WRITE (5, 47) NLJ, NLML, NLMC
47 FORMAT (// 5X, 'NÚMERO DE NÓS COM
CARGAS = ', I2) // 5X, 'NÚMERO DE ELEM
*ENTOS COM CARGAS EM QUE OS AML SÃO
FORNECIDOS =', I2, // 5X, 'NÚMERO DE
*ELEMENTOS COM CARGAS EM QUE OS AML
*SÃO CALCULADOS POR SUBROTINA =', I2)
*****
*
* CARGAS SOBRE OS NÓS *
*
*****
DO 48 J = 1, NJ3

```

LISTAGEM

PAG-10

```

A (J) = 0.
AE (J) = 0.
48 AR (J) = 0.
IF (NLJ) 53, 53, 49
49 DO 51 IC = 1, NLJ
READ (8, 50) K, A (3* K - 2), A (3*K - 1), A
(3*K)
50 FORMAT (13, 3F10.3)
51 CONTINUE
WRITE (5, 52) (K, A (3*K - 2), A (3*K - 1), A
(3*K), K = 1, NLJ)
52 FORMAT (// 32X, ' - CARGAS NOS NÓS -',
/// 14X, 'NO', 12X, 'FORÇA X', 9X, 'FORÇA
*Y', 8X, 'MOMENTO Z', /// (/ 13X, 13, 9X,
F10.3, 7X, F10.3))
53 CONTINUE

```

```

C
C *****
C *
C * AÇÕES DE ENGASTAMENTO DEVIDO AS *
C * CARGAS NOS ELEMENTOS *
C *
C *****
C
DO 54 I = 1, M
DO 54 J = 1, 6
54 AML (I, J) = 0.
IF (NLML) 59, 59, 55
55 DO 57 IC = 1, NLML
READ (8, 56) I, AML (I, 1), AML (I, 2), AML
(I, 3), AML (I, 4), AML (I, 5), AML (I, 6)
56 FORMAT (13, 6F10.3)
57 CONTINUE
59 IF (NLMC) 64, 64, 60
60 DO 62 IC = 1, NLMC
READ (8, 61) I, NCD (I), NCC (I)
61 FORMAT (3I3)
62 CONTINUE
WRITE (5, 58)
58 FORMAT (/// 10X, '- DADOS GERAIS PARA
O CÁLCULO DOS AML EM SUBROTINA -'
*)
WRITE (5, 63) (I, NCD (I), NCC (I), I = 1, M)
63 FORMAT (// 10X, 'ELEMENTO', 8X, 'NCD',
10X, 'NCC', (// 12X, 13, 10X, 13, 10X, I
*3))
64 DO 69 I = 1, M
IF (NCD (I)) 65, 66, 65
65 CALL ISCT (NCD, L, I, AML)
66 IF (NCC (I)) 67, 110, 67
67 CALL CONC (NCC, L, I, AML)
110 CONTINUE
C
C *****
C *
C * CARGAS EQUIVALENTES SOBRE OS NÓS *
C *
C *****

```

LISTAGEM

PAG-11

```

C
JJ1 = JJ (I)
JKI = JK (I)
AE (3*JJ1 - 2) = AE (3*JJ1 - 2) - AML (I, 1)*
CX (I) + AML (I, 2)*CY (I)
AE (3*JJ1 - 1) = AE (3*JJ1 - 1) - AML (I, 1)*
CY (I) - AML (I, 2)*CX (I)
AE (3*JJ1) = AE (3*JJ1) - AML (I, 3)
AE (3*JKI - 2) = AE (3*JKI - 2) - AML (I, 4)*
CX (I) + AML (I, 5)*CY (I)
AE (3*JKI - 1) = AE (3*JKI - 1) - AML (I, 4)*
CY (I) - AML (I, 5)*CX (I)
AE (3*JKI) = AE (3*JKI) - AML (I, 6)
69 CONTINUE
WRITE (5, 68) (I, AML (I, 1), AML (I, 2), AML
(I, 3), AML (I, 4), AML (I, 5), AML (I, 6
*), I = 1, M)
68 FORMAT (/// 28X, '- AÇÕES DE ENGASTA-
*MENTO PERFEITO -', // 10X, 'ELEMENTO',
*6X, 'AML1', 11X, 'AML2', 11X, 'AML3', 11X,
'AML4', 11X, 'AML5', 11X, 'AML6', /
*/// (/11X, 13, 6F15.3))

```

C
C
C
C
C
C

```
*****
*
*CARGAS COMBINADAS SOBRE OS NÓS *
*
*****
DO 73 J = 1, NJ3
IF (RL (J) ) 72, 71, 72
71 K = J - CRL (J)
GOTO 73
72 K = N + CRL (J)
73 AC (K) = A (J) + AE (J)
```

C
C
C
C
C
C

```
*****
*
*DESLOCAMENTOS DOS NÓS *
*
*****
DO 74 J = 1, N
74 D (J) = 0.
DO 75 J = 1, N
DO 75 K = 1, N
D (J) = D (J) + S (J, K) * AC (K)
75 CONTINUE
J = N + 1
DO 79 K = 1, NJ3
JE = NJ3 + 1 - K
IF (RL (JE) ) 78, 77, 78
77 J = J - 1
D (JE) = D (J)
GOTO 79
78 D (JE) = 0.
79 CONTINUE
```

```
85 AR (J2A) = AR (J2A) + CX (I) * AMD (2) - CY
(I) * AMD (I)
86 IF (RL (J3A) ) 87, 88, 87
87 AR (J3A) = AR (J3A) + AMD (3)
88 IR (RL (K1A) ) 89, 90, 89
89 AR (K1A) = AR (K1A) + CX (I) * AMD (4) - CY
(I) * AMD (5)
90 IF (RL (K2A) ) 91, 92, 91
91 AR (K2A) = AR (K2A) + (C / (I) * AMD (4) +
CX (I) * AMD (5)
92 IF (RL (K3A) ) 93, 94, 93
93 AR (K3A) = AR (K3A) + AMD (6)
94 CONTINUE
DO 95 K = 1, NJ3
IF (RL (K) ) 101, 95, 101
101 AR (K) = AR (K) - AE (K) - A(K)
95 CONTINUE
WRITE (5, 105)
105 FORMAT (/// 28X, '- AÇÕES NAS EXTREMI-
DADES DOS ELEMENTOS -', /// 10X, 'EL
* EMENTO', TX, 'AM1', 12X, 'AM2', 12X, 'AM3',
12X, 'AM4', 12X, 'AM5', 12X, 'AM6'
*)
DO 97 I = 1, M
WRITE (5, 96) I, (AM (I, J), J = 1, 6)
96 FORMAT (// 11X, I3, 6F15.3)
97 CONTINUE
WRITE (5, 106)
106 FORMAT (/// 27X, '- REAÇÕES DE APOIO -',
/// 14X, 'NO', 8X, 'REAC X', 9X, 'RE
* AC Y', (X, 'REAC Z')
DO 109 J = 1, NJ
IF (RL (3 * J - 2) + RL (3 * J - 1) + RL (3 * J))
109, 109, 108
108 WRITE (5, 98) J, AR (3 * J - 2), AR (3 * J - 1),
AR (3 * J)
```

LISTAGEM

PAG-12

```
WRITE (5, 102)
102 FORMAT (/// 30X, 'DESLOCAMENTOS DOS
NÓS ///)
WRITE (5, 80) (J, D (3 * J - 2), D (3 * J - 1), D
(3 * J), J = 1, NJ)
80 FORMAT (// 14X, 'NÓ', 13X, 'DESL X', 14X,
'DEL Y', 11X, 'ROTAÇÃO Z', // (///
* 13X, I3, 10X, F10.6, 10X, F10.6, 10X, F10.6) )
*****
*
*AÇÕES NAS EXTREMIDADES DOS ELE- *
* MENTOS E REAÇÕES DE APOIO *
*
*****
DO 94 I = 1, M
READ (15 'I) SMR, J1A, J2A, J3A, K1A, K2A,
K3A
DO 81 J = 1, 6
81 AMD (J) = SMR (J, 1) * D (J1A) + SMR (J, 2) * D
(J2A) + SMR (J, 3) * D (J3A) + SMR (J, 4) * D (
* K1A) + SMR (J, 5) * D (K2A) + SMR (J, 6) * D
(K3A)
DO 82 J = 1, 6
82 AM (I, J) = AMD (J) + AML (I, J)
IF (RL (J1A) ) 83, 84, 83
83 AR (J1A) = AR (J1A) + CX (I) * AMD (1) - CY
(I) * AMD (2)
84 IF (RL (J2A) ) 85, 86, 85
```

C
C
C
C
C
C
C

LISTAGEM

PAG-13

```
98 FORMAT (// 13X, 13, 3F15.3)
10( CONTINUE
IF (NL - NLS) 43, 44, 44
44 CONTINUE
CALL EXIT
END
C A - AÇÕES APLICADAS NOS NÓS
C AC - AÇÕES COMBINADAS NOS NÓS
C AE - AÇÕES EQUIVALENTES NOS NÓS
C AM - AÇÕES NO SISTEMA LOCAL
C AMD - AÇÕES NO SISTEM GLOBAL
C AML - AÇÕES DE ENGASTAMENTO PER-
FEITO NA DIREÇÃO DOS EIXOS
DO ELEMENTO
C AR - REAÇÕES DE APOIO
C AX - ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL
C CY - COSSENO DIRETOR EM RELA-
ÇÃO AO EIXO 'Y'
C CX - COSSENO DIRETOR EM RELA-
ÇÃO AO EIXO 'X'
C D - DESLOCAMENTOS
C DM - DESLOCAMENTOS NO SISTEMA
LOCAL
C E - MÓDULO DE RIGIDEZ DA ESTRU-
TURA
C I - NÚMERO DO ELEMENTO
C IVP - ÍNDICE DE VARIANTE DO PRO-
GRAMA (- 1
( 0
(+ 1
```

C	IZ	- MOMENTO DE INÉRCIA REFERIDO AO EIXO 'Z'	C	NR	- NÚMERO DE LIGAÇÕES
C	JJ	- NO INICIAL	C	NRJ	- NÚMERO DE NÓS EM QUE PELO MENOS UMA DIREÇÃO É RESTRIGIDA
C	JK	- NO FINAL	C	RL	- = 0 SE NÃO HÁ LIGAÇÃO NA DIREÇÃO CONSIDERADA
C	L	- COMPRIMENTO DA BARRA	C		= 1 SE HÁ LIGAÇÃO NA DIREÇÃO CONSIDERADA
C	M	- NÚMERO DE ELEMENTOS	C	S	- MATRIZ DE RIGIDEZ DA ESTRUTURA CORRESPONDENTE AOS DESLOCAMENTOS POSSÍVEIS DE OCORRER
C	N	- NÚMERO DE GRAUS DE LIBERDADE DA ESTRUTURA (TOTAL)	C	SM	- MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO
C	NCC	- NÚMERO DE CARGAS CONCENTRADAS	C	SMD	- MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO REFERIDA AO EIXO DA ESTRUTURA
C	NCD	- NÚMERO DE CARGAS DISTRIBUIDAS	C	SMR	- MATRIZ DE RIGIDEZ DO ELEMENTO REFERIDA AO SISTEMA LOCAL
C	NJ	- NÚMERO DE NÓS	C	X	- ABCISSA DO NÓ
C	NL	- NÚMERO DE CASO DO CARREGAMENTO EM CURSO	C	Y	- ORDENADA DO NÓ
C	NLJ	- NÚMERO DE NÓS COM CARGAS			
C	NLMC	- NÚMERO DE ELEMENTOS COM CARGAS EM QUE OS AML SÃO CALCULADOS POR SUBROTINA			
C	NLML	- NÚMERO DE ELEMENTOS COM CARGAS EM QUE OS AML SÃO FORNECIDOS			
C	NLS	- NÚMERO TOTAL DE CASOS DE CARREGAMENTOS			