

PPLAN 3

PPLAN3 .

1. INTRODUÇÃO

O projeto **ANSER** (Análise de Sistemas Estruturais Reticulados) foi idealizado para permitir a aplicação de modelos matemáticos aprimorados em projetos de estruturas de pequeno a grande porte, mediante a utilização de microcomputadores de 18 bits.

Faz parte desse sistema um conjunto de programas para análise de pórticos, grelhas e trélicas com até 3000 graus de liberdade, em microcomputadores que disponham de um mínimo espaço em disco equivalente a 350 kb. Um dos componentes desse conjunto é o programa **PPLAN3**, empregado na análise elástica linear de pórticos planos, cuja utilização é o objeto deste manual.

2. ESQUEMA GERAL DE FUNCIONAMENTO

O programa **PPLAN3** utiliza uma técnica de segmentação, sendo composto por quatro unidades de processamento. Duas dessas unidades funcionam como interpretadores da linguagem utilizada para inserção de características elásticas e geométricas da estrutura a ser analisada, bem como do seu carregamento, promovendo a consistência da massa de dados e acusando os erros eventualmente cometidos pelo usuário. As demais unidades do programa são utilizadas para a análise do pórtico, via processo dos deslocamentos, e para impressão dos resultados obtidos.

O programa **PPLAN3** possui quatro unidades de processamento, a saber: **PPLAN3.EXE**, **PPCAR.EXE**, **PP640.EXE** e **PP2.EXE**. Durante sua execução são criados arquivos temporários desufixo "ARQ". O programa **PPLAN3** cria também arquivos correspondentes a cada caso de carregamento, com prefixo igual ao nome desse caso de carregamento e sufixos "PLO" e "REA". Os arquivos gerados podem ser acessados por outros programas (**PLOT3**, **ENVOLT3** e **REAC**) para desenhar diagramas de esforços solicitantes, envoltórias e para o cálculo de reações em pilares.

3. RECURSOS DE MODELAGEM E CAPACIDADE DO PROGRAMA

Na técnica matricial utilizada para elaboração do programa é fundamental a numeração dos nós que representam a estrutura a ser analisada, pois ela influencia de forma marcante o aproveitamento da sua capacidade. A orientação geral consiste em manter a menor diferença possível entre os números dos nós de cada barra. O programa tem sua capacidade máxima estabelecida pelas expressões:

$$NN < 1000$$

$$NB < 1700$$

$$3 \cdot (ND+1) \cdot NGL < 125000$$

onde:

NN= número de nós da estrutura.

NB= número de barras da estrutura.

ND= máxima diferença entre os números dos nós de uma barra.

NGL= número total de graus de liberdade da grelha, cujo valor é o triplo do número total de nós menos a quantidade de restrições e deslocamentos imposta.

O programa PPLANS incorpora ainda os seguintes recursos de modelagem:

- Até 10 tipos de materiais.
- Até 60 tipos de seções de barras.
- Forças e momentos, concentrados ou distribuídos, em qualquer trecho das barras, sem limite de quantidade.
- Forças e momentos aplicados em nós sem limite de quantidade.
- Efeito térmico por variação de temperatura entre faces das barras.
- Consideração automática do peso próprio da estrutura.
- Ilimitados casos de carregamento.

4. SISTEMAS DE COORDENADAS

São utilizados dois tipos de sistema de coordenadas: GLOBAL e LOCAL. Esses sistemas possibilitam a introdução de dados e a interpretação dos resultados obtidos com a análise.

4.1. SISTEMA GLOBAL DE COORDENADAS

Sistema de coordenadas cartesianas com eixos OX e OY, ortogonais, contidos no plano do pórtico. A origem do sistema pode ser posicionada em qualquer ponto desse plano. Deve-se observar a seguinte regra quanto ao sentido dos eixos: ao se observar o eixo OX apontado para a direita, o eixo OY deve estar dirigido para cima (ver fig. 1).

São referidos ao sistema global de coordenadas os dados e resultados relativos aos nós (coordenadas, cargas, deslocamentos e reações) e alguns relativos as barras (peso próprio, cosseno diretor).

4.2. SISTEMA LOCAL DE COORDENADAS

O sistema local de coordenadas é associado a cada barra da estrutura e compõe-se de 2 eixos cartesianos, com origem no nó inicial da barra. O eixo ox tem sentido definido do nó inicial para o nó final e o eixo oy tem sentido para cima, se se observar ox voltado para a direita (ver fig. 1).

5. TABELAS PARA ENTRADA DOS DADOS

Para a definição da geometria e do carregamento do pórtico a ser analisado, o sistema ANSER coloca à disposição do usuário uma série de tabelas, detalhadas nos próximos itens. Cada tabela é composta de um título que a caracteriza e linhas de especificação, tornando bastante eficiente e comoda a entrada dos dados.

Essas tabelas deverão ser montadas num arquivo, cujo nome pode ser livremente escolhido, através de um editor de texto comum. Os títulos serão digitados a partir da primeira coluna, à esquerda do vídeo, e possuirão no máximo 4 caracteres. As especificações correspondentes começarão sempre na quinta coluna, na linha imediatamente abaixo do título.

Cada especificação será composta por um conjunto de números, inteiros e/ou reais, separados por vírgulas. Os números inteiros, sempre indicados através do símbolo [I], deverão ter um máximo de 5 caracteres e os reais, sempre indicados através do símbolo [R], 10 caracteres. Assim, os seguintes números estarão corretamente especificados: 150647., .150647E6, 256.14, 81, .0000567. Os seguintes números estarão incorretos: -.150647E-6 (mais de 10 caracteres, o correto seria arredondar o último algarismo de modo a se ter: -.15065E-6), 15064700000 (o correto seria arredondar: 1.50647E10).

5.1. ENTRADA DE DADOS DA GEOMETRIA

Para a definição da geometria da estrutura (coordenadas e restrições nodais, incidência de barras e propriedades das seções e materiais utilizados) podem ser usadas as seguintes tabelas:

5.1.1. TABELAS PARA DEFINIÇÃO DE COORDENADAS NODAIS

Tabela: NO

Utilização: definição de coordenadas nodais

Formato:

```

1  5
-----
NO
  N,Xn,Yn.
  . . .
  . . .

```

onde:

N= número do nó que se deseja definir [I]
 Xn= coordenada segundo o eixo global OX [R]
 Yn= coordenada segundo o eixo global OY [R]

Observações:- Não existe necessidade de ordenação na numeração dos nós a serem especificados.
 - Um nó pode ser redefinido, valendo sua última definição (tal fato será ressaltado na consistência de dados).

Exemplo:

```

1  5
-----
NO
  5,280.32,518,
  7,0,-58.36,
  2,21.2,-80.30,
  18,0,0,

```

Tabela: NOGL

Utilização: geração de nós contidos numa linha reta e suas respectivas coordenadas.

Formato:

```

1  5
-----
NOGL
  Ni,Nf,I,Xi,Yi,Xf,Yf,
  . . . . .
  . . . . .

```

onde:

Ni= número do nó inicial [I]
 Nf= número do nó final [I]
 I = incremento da numeração dos nós [I]
 Xi,Yi= coordenadas do nó inicial [R]
 Xf,Yf= coordenadas do nó final [R]

Observações: - Os nós deverão estar igualmente espaçados.
 - Pode-se fornecer incremento negativo.

Exemplo: Gerar os nós mostrados na fig. 2

```
1 5
-----
NOGL
  2, 8, 2, 10, 10, 40, 40,
 22, 10, -2, 20, -30, 80, -30,
 12, 14, 1, 110, 10, 110, 30,
```

Tabela: NOGP

Utilização: geração de nós contidos num plano (bidimensional) e suas respectivas coordenadas.

Formato:

```
1 5
-----
NOGP
  Nii, Nfi, I, Xii, Yii, Xfi, Yfi,
  Nif, Nff, Ie, Xfi, Yfi, Xff, Yff,
  . . . . .
```

onde (ver fig. 3):

Nii= nó inicial da linha inicial [I]
Nfi= nó final da linha inicial [I]
I = incremento da numeração dos nós contidos na linha inicial [I]
Xii, Yii= coordenadas do nó Nii [R]
Xfi, Yfi= coordenadas do nó Nfi [R]
Nif= nó inicial da linha final [I]
Nff= nó final da linha final [I]
Ie = incremento da numeração de nós correspondentes entre linhas consecutivas [I]
Xif, Yif= coordenadas do nó Nif [R]
Xff, Yff= coordenadas do nó Nff [R]

Observações:- As especificações (2 linhas para cada grupo de nós gerados) podem ser repetidas quantas vezes forem necessárias sob um mesmo título.
- Os incrementos podem ser negativos.

Exemplo: Gerar os nós mostrados na fig. 4

```
1 5
-----
NOGP
  5, 14, 3, 10, 80, 40, 80,
  95, 104, 30, 10, 20, 40, 20,
  17, 23, 3, 55, 80, 85, 80,
  107, 113, 30, 55, 20, 85, 20,
```

ou, ainda:

```
1 5
-----
NOGP
85,104,3,10,20,40,20,
5,14,-30,10,00,40,00,
104,113,3,40,20,05,20,
14,23,-30,40,00,05,00,
```

Na segunda alternativa, os nós 17,47,77,107, foram redefinidos (no mesmo lugar). Isso não configura erro (embora a consistência de dados alerte para essa redefinição) e pode se constituir num interessante instrumento de verificação. Valera sempre a última definição.

5.1.2. TABELAS PARA DEFINIÇÃO DE INCIDENCIA DE BARRAS

Tabela: BAR

Utilização: definição de incidência e propriedade de barras

Formato:

```
1 5
-----
BAR
B,Ni,Nf,P,Oe,
. . . . .
. . . . .
```

onde:

- E = número da barra que se deseja definir [I]
- Ni = número do nó inicial [I]
- Nf = número do nó final [I]
- P = número da propriedade da barra [I]
- Oe = opção para cálculo e apresentação de esforços solicitantes (cortante, momento fletor e normal) a cada decimo de vão. Se Oe for igual a 1 os esforços são calculados e apresentados, ocorrendo Oe igual a branco ou zero os esforços serão calculados somente nas extremidades da barra [I]

Observações: - Não existe necessidade de ordenação na numeração das barras a serem especificadas.

Tabela: BARG

Utilização: geração de incidência e propriedade de barras

Formato:

```
1 5
-----
BARG
Bi,Bf,I, Ni, Ii, Nf, If, P, Ce.
. . . . .
. . . . .
```

onde:

- Bi= número da barra inicial [I]
- Bf= número da barra final [I]
- I = incremento da numeração das barras [I]
- Ni= nó inicial da barra Bi [I]
- Ii= incremento da numeração dos nós iniciais [I]
- Nf= nó final da barra Bi [I]
- If= incremento da numeração dos nós finais [I]
- P, Ce= os mesmos da tabela anterior [I]

Observações:- O incremento I pode ser definido negativo.
- Os incrementos Ii e If podem ser definidos negativos ou nulos.

Exemplo: Gerar as barras mostradas na fig. 5, todas de propriedade número 5 e admitindo-se o interesse na apresentação de esforços ao longo do vão.

```
1 5
-----
BARG
10,20,2,20,0,60,-2,5,1.
```

5.1.3. TABELAS PARA DEFINIÇÃO DE RESTRIÇÕES NODAIS

Tabela: RES

Utilização: definição de restrições de deslocamentos nodais

Formato:

```
1 5
-----
RES
N, RX, RY, RR, CX, CY, CR
. . . . .
. . . . .
```

onde:

N = número do nó que se deseja restringir [I]
RX= indicador de restrição de translação segundo o eixo global OX (se RX=1 o deslocamento será restrito; se RX=0 ou branco o deslocamento continua livre; se RX=2 existe mola na direção do eixo global OX) [I]
RY= indicador de restrição de translação segundo o eixo global OY (semelhante ao anterior) [I]
RR= indicador de restrição de rotação no plano da estrutura (semelhante ao anterior) [I]
CX= coeficiente de mola na direção do eixo global OX [R]
CY= coeficiente de mola na direção do eixo global OY [R]
CR= coeficiente de mola de rotação no plano da estrutura [R]

Observações:- Não é necessária uma ordenação da numeração dos nós a serem restringidos.
- Caso RX,RY e RR sejam brancos ou nulos, o nó estará totalmente liberado, mesmo que anteriormente tenha sido definida alguma restrição.
- Caso o indicador de restrição seja igual a 2, numa dada direção, o coeficiente de mola para essa direção será considerado. Caso contrário (indicador igual a 1 ou 0), o valor do coeficiente de mola será desconsiderado.

Exemplo: Restringir a translação segundo OX para o nó 38 e translação segundo OY e rotação para o nó 56, restringir a translação segundo OX para o nó 27, inserindo mola com coeficiente igual a 10000 na direção de OY.

```
1 5
-----
RES
38,1,
56,0,1,1,
27,1,2,0,0,1.E4,0.
```

Tabela: RESG

Utilização: geração de restrições de deslocamentos nodais

Formato:

```
1 5
-----
RESG
N1,N2,I,RX,RY,RR,CX,CY,CR
. . . . .
. . . . .
```

onde:

Ni= número do nó inicial [I]
Nf= número do nó final [I]
I = incremento da numeração dos nós [I]
RX,RY,RR= os mesmos da tabela anterior [I]
CX,CY,CR= os mesmos da tabela anterior [R]

Observações:- pode ser definido incremento negativo.
- Caso RX,RY e RR sejam brancos ou nulos, o nó estará totalmente liberado, mesmo que anteriormente tenha sido definida alguma restrição.

Exemplo: Gerar restrições de deslocamento segundo OX e rotação para os nós 10,13,18,19 .

```
1 5  
-----  
RESG  
10,18,3,1,0,1,
```

5.1.4. TABELAS PARA DEFINIÇÃO DE ROTULAS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS

Tabela: ROT

Utilização: definição de rotula em extremidades de barras

Formato:

```
1 5  
-----  
ROT  
B,Ri,Rf,  
. . .  
. . .
```

onde:

B = número da barra com extremidade rotulada [I]
Ri= indicador de rotula junto ao nó inicial da barra (se Ri=1 a extremidade será rotulada; se Ri=0 ou branco a extremidade não será rotulada) [I]
Rf= indicador de rotula junto ao nó final da barra (semelhante ao anterior) [I]

Observações:- Não é necessária uma ordenação na numeração das barras a serem rotuladas.
- Caso Ri e Rf sejam nulos ou brancos a barra será considerada sem rotula, mesmo que anteriormente tenha sido definida instrução contrária.

Exemplo: Definir uma rotula na extremidade inicial da barra 9

```
1 5
-----
ROT
  0,1,
```

Tabela: ROTG

Utilização: geração de rotulas em extremos de barras.

Formato:

```
1 5
-----
ROTG
  Bi,Bf,I,Ri,Rf,
    : : : : :
    . . . . .
```

onde:

Bi= número da barra inicial [I]
Bf= número da barra final [I]
I = incremento na numeração das barras [I]
Ri,Rf= os mesmos da tabela anterior [I]

Observações:- Pode-se definir incremento negativo.
- Caso Ri e Rf sejam nulos ou brancos a barra será considerada sem rotula, mesmo que anteriormente tenha sido definida instrução contrária.

Exemplo: Gerar rotulas nas extremidades finais das barras 68,62,56,50,44,38 .

```
1 5
-----
ROTG
  68,38,-6,0,1,
```

5.1.5. TABELAS PARA DEFINIÇÃO DE PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS E ELÁSTICAS DAS BARRAS

Tabela: PROP

Utilização: definição de propriedades de seções de barras.

Formato:

```
1 5
-----
PROP
P,H,A,If,H,Tr,
. . . . .
. . . . .
```

onde:

- P= número da propriedade que se deseja definir [1]
- M= número do material associado à propriedade [1]
- A= área da seção transversal [R]
- I_f= momento de inércia à flexão [R]
- H = altura da seção transversal (altura, no caso, é a dimensão da seção segundo o eixo local oy; ver fig. 8) [R]
- Tr= temperatura de referencia; esse valor permite que o programa analise não só o gradiente de temperaturas das faces inferior e superior da barra, mas também a própria variação média desses valores, o que pode provocar um aumento ou uma diminuição do comprimento da referida barra [R]

- Observações:- Não é necessária uma ordenação na numeração das propriedades a serem definidas.
- Se não houver consideração de efeito térmico em todas as barras definidas com uma determinada propriedade pode-se, nessa propriedade, omitir o valor de Tr e H.

Exemplo: Definir uma propriedade de número 2, associada a um material de número 1, onde a área é 660 cm², o momento de inércia 150000 cm⁴, a altura "H" 40 cm e a temperatura de referencia 25 graus Celsius.

```
1 5
-----
PROP
2,1,660,150000,40,25,
```

Tabela: MATL

Utilização: definição de propriedades de materiais

Formato:

```
1 5
-----
MATL
M,E,PE,CDT,
. . . . .
. . . . .
```

onde:

M: número do material que se deseja definir [I]
E: módulo de elasticidade longitudinal (módulo de Young) [R]
PE: peso específico [R]
CDT: coeficiente de dilatação térmica [R]

Observações:- Não é necessária uma ordenação na numeração dos materiais a serem definidos.
- Se não houver peso próprio de barra calculado automaticamente pelo programa, pode-se omitir o valor de PE.
- Se não houver consideração de efeito de temperatura em qualquer barra da estrutura, pode-se omitir o valor de CDT.

Exemplo: Definir um material de número 2, com o módulo de elasticidade igual a 0.21 KN/m², peso específico de 25 KN/m³ e coeficiente de dilatação térmica igual a 0.00001 por grau Celsius.

```
1 5  
-----  
MATL  
2,0.21,25,1E-5,
```

5.2. ENTRADA DE DADOS DO CARREGAMENTO

Para a definição do carregamento do pórtico a ser analisado (cargas em nós, cargas em barras, peso próprio e variação de temperatura) estão disponíveis as várias tabelas detalhadas a seguir.

Convenç reassaltar que não existe limite para o número de carregamentos definidos num determinado elemento (barra ou nó). Para cada instrução fornecida a carga é adicionada à já existente, resultando num valor acumulado a ser usado na análise.

5.2.1. TABELAS PARA APLICAÇÃO DE CARGAS NODAIS

Tabela: CNO

Utilização: definição de cargas nodais (sistema global de coordenadas)

Formato:

```
1 5  
-----  
CNO  
N,FX,FY,M,  
. . . . .  
. . . . .
```

onde:

N = número do nó que se deseja carregar [I]
FX = força segundo o eixo global OX [K]
FY = força segundo o eixo global OY [K]
M = momento atuante no plano XY [K]

Observações:- Para as cargas nodais o sistema de referencia utilizado é o global.

- As forças FX e FY são positivas quando seus sentidos de atuação coincidem com os sentidos positivos dos eixos OX e OY, respectivamente.
- O momento M é positivo quando o seu sentido for horário (fig. 6a)

Exemplo: Definir o carregamento do nó apresentado na fig. 6b

```
1 5
-----
CNO
47,-30,120,-150,
```

Tabela: CNOG

Utilização: geração de cargas nodais (sistema global de coordenadas)

Formato:

```
1 5
-----
CNOG
Ni,Nf,I,FX,FY,M,
. . . . .
. . . . .
```

onde:

Ni = número do nó inicial [I]
Nf = número do nó final [I]
I = incremento da numeração dos nós [I]
FX,FY,M = os mesmos da tabela anterior [R]

Observações:- Pode ser definido incremento negativo

8.2.2. TABELAS PARA APLICAÇÃO DE CARGAS EM BARRAS

Tabela: CHR

Utilização: definição de cargas atuantes em barras (sistema local de coordenadas)

Formato:

```
1 5
-----
CBR
  B,T,It,C/L,I/L,
  . . . . .
  . . . . .
```

onde:

- B= número da barra que se deseja carregar [I]
- T= tipo da carga a ser considerada [I];
 - 1, carga transversal concentrada ou distribuída
 - 2, carga longitudinal concentrada ou distribuída
 - 3, carga momento concentrada ou distribuída
- It = intensidade da carga [R]
- C/L= relação entre o comprimento da carga, C, e o comprimento da barra, L (ver fig. 7a) [R]
- I/L= relação entre a distância do início da barra ao início da carga, I, e o comprimento da barra, L (ver fig. 7a) [R]

- Observações: - Para a definição de cargas nas barras o sistema de referência utilizado é o local da barra.
- As cargas transversais e longitudinais são positivas se os seus sentidos de atuação coincidem com os sentidos positivos dos eixos ox e oy locais, respectivamente.
 - Cargas momento são positivas quando horárias.
 - Cargas concentradas de qualquer tipo devem ter a relação C/L igual a zero.

Exemplo: Definir o carregamento atuante na barra da fig. 7b, suposta de número 27.

```
1 5
-----
CBR
  27,1,-5,0,.33,
  27,2,30,.5,.583,
```

Tabela: CBRG

Utilização: geração de cargas atuantes as barras (sistema local de coordenadas)

Formato:

```
1 5
-----
CBRG
  B1,Bf,I,T,It,C/L,I/L,
  . . . . .
  . . . . .
```

onde:

Ei= número da barra inicial [I]
Bf= número da barra final [I]
I= incremento da numeração das barras [I]
T,It,C/L,I/L= os mesmos da tabela anterior

Observações:- Pode-se definir incremento negativo.

Tabela: TPT

Utilização: definição de temperaturas em barras

Formato:

```
1 5
-----
TPT
  B,Ti,Ts,
  . . .
  . . .
```

onde:

B= número da barra em que se deseja definir temperatura nas faces [I]
Ti= temperatura na face inferior da barra [R]
Ts= temperatura na face superior da barra [R]

Observações:- Face inferior da barra é a região voltada para o lado negativo do eixo oy local da barra.
- Além do gradiente de temperatura entre as faces da barra, o programa está adaptado para considerar a variação longitudinal do comprimento causada por $(T_i - T_s)/2 - T_r$, onde T_r é a temperatura de referência (ver tabela PROP)

Exemplo: Definir as temperaturas indicadas para as faces da barra mostrada na fig. 8.

```

1 5
-----
TPT
328,-10,40,

```

Tabela: TPTG

Utilização: geração de temperaturas ex barras

Formato:

```

1 5
-----
TPTG
Bi,Bf,I,Ti,Ts,
. . . .
. . . .

```

onde:

Bi= número da barra inicial [I]
 Bf= número da barra final [I]
 I = incremento da numeração das barras [I]
 Ti,Ts= os mesmos da tabela anterior

Observações:- Pode-se definir incremento negativo.
 - Face inferior da barra é a região voltada para o lado negativo do eixo oy local da barra
 - Além do gradiente de temperatura entre as faces da barra o programa está adaptado para considerar a variação longitudinal do comprimento causada por $(T_i - T_s)/2 - T_r$, onde T_r é a temperatura de referência (ver tabela PROP).

Exemplo: Gerar para as barras 100,103,106,109,112 temperaturas de 35 graus Celsius ex suas faces.

```

1 5
-----
TPTG
100,112,3,35,35,

```

Tabela: ACE

Utilização: definição do peso próprio de barras

Formato:

```

1 5
-----
ACE
  B,AX,AY,
  . . .
  . . .

```

onde:

B= número da barra em que se deseja a consideração do peso próprio [I]
 AX= relação entre a aceleração desejada, segundo o eixo global OX, e a aceleração da gravidade [R]
 AY= relação entre a aceleração desejada, segundo o eixo global OY, e a aceleração da gravidade [R]

Observações:- As relações AX e AY serão positivas quando os sentidos das acelerações forem coincidentes com os sentidos dos eixos OX e OY, respectivamente.

Exemplo: Definir para a barra 30 da fig. 8 uma aceleração equivalente a 3 vezes a aceleração da gravidade e na direção e sentido desta.

```

1 5
-----
ACE
  30,-2.121,-2.121,

```

Tabela: ACEG

Utilização: geração de peso próprio em barras.

Formato:

```

1 5
-----
ACEG
  Bi,Bf,I,AX,AY,
  . . . . .
  . . . . .

```

onde:

Bi= número da barra inicial [I]
 Bf= número da barra final [I]
 I = incremento da numeração das barras [I]
 AX,AY= os pesos da tabela anterior

- Observações: - Pode-se definir incremento negativo.
- As relações AX e AY serão positivas quando os sentidos das acelerações forem coincidentes com os sentidos dos eixos OX e OY, respectivamente.
 - Notar que a possibilidade de se imprimir uma aceleração diferente do valor da gravidade pode-se constituir num interessante instrumento de geração de cargas, não exclusivamente de peso próprio.

Exemplo: Gerar para as barras 50,45,40,35 e 30 uma aceleração igual à da gravidade no sentido do eixo OY.

```

1 5
-----
ACEG
50,30,-5,0,1.

```

8. MONTAGEM DO ARQUIVO DE DADOS

O programa PPLANS está preparado para ler um arquivo de dados que deve ser montado pelo usuário através de um programa editor qualquer. Basicamente o arquivo é constituído por uma reunião das tabelas apresentadas no item anterior e algumas especificações adicionais que serão aqui apresentadas.

A primeira linha do arquivo de dados deve ser obrigatoriamente preenchida pela tabela OPTE que reúne um grupo de opções escolhidas pelo usuário. O formato é o seguinte:

```

1 5
-----
OPTE,11,12,13,14,15.

```

onde:

11,12,13,14,15 São as opções de saída dos relatórios de geração e consistência da geometria, listagem dos dados da geometria, geração e consistência do carregamento, listagem das cargas nodais equivalentes e listagem dos resultados da análise, respectivamente. Quando igual a 0 a opção é vídeo, quando igual a 2 é impressora.

As duas linhas seguintes são utilizadas para o preenchimento de um cabeçalho, podendo, em cada uma, ser especificado um total de 42 caracteres. A primeira refere-se ao título do projeto e a segunda ao nome do cliente.

A quarta linha do arquivo de dados deve ser ocupada pelo nome do pórtico, num total de até 20 caracteres, a partir da primeira coluna.

Exemplo:

coluna 1 5

```
-----  
OPTE.0,0,2,2,2.  
EDIFICIO PARATI  
EMARKI-ENGENHARIA E MARKETING IMOBILIARIO LTDA  
ESCADA  
.....  
.....
```

Após essas quatro primeiras linhas são inseridos os dados referentes à geometria do pórtico através das tabelas apresentadas no item 5.1. De um modo geral o usuário está livre para dispor as tabelas segundo a ordem que lhe convier e, até mesmo reconectar uma tabela previamente encerrada. As únicas regras de ordenação a serem obedecidas são as seguintes:

- As tabelas definidoras de barras (BAR e BARG) e as que fixam as restrições nodais (RES e RESG) não podem aparecer antes que os nós tenham sido definidos pelas tabelas adequadas (NO, NOGL e NOGP).
- As tabelas definidoras de rotulas nos extremos das barras (ROT e ROTG) não podem aparecer antes que as barras tenham sido definidas pelas tabelas correspondentes (BAR e BARG).
- A tabela que apresenta as propriedades das barras deve anteceder a que especifica as características dos materiais (MATL).
- Ao se iniciar determinada especificação de dados da geometria, ela deve ser esgotada. Pode-se, por exemplo, apresentar as tabelas NO, NOGP, reabrir a tabela NO, utilizar em seguida a tabela NOGL, etc., mas nunca intercalar tabelas de naturezas diferentes como, por exemplo, NO, BAR e em seguida NOGL.

O encerramento de dados relativos à geometria do pórtico é fixado através do título FIMG que sucede as tabelas de especificações geométricas.

Exemplo:

```
1 5
-----
OPTE.B.Ø.2.2.2.
EDIFICIO ANSEM
EMARKI-ENGENHARIA E MARKETING IMOBILIARIO LTDA
ESCADA
NO
.
.
RES
.
.
BAR
.
.
ROT
.
.
PROP
.
.
MATL
.
.
FIMG
```

conjunto de dados da geometria

As linhas seguintes são utilizadas para fornecimento de dados do carregamento. Podem ser considerados inúmeros casos de carregamento, que são identificados por terem os seus dados situados entre duas linhas delimitadoras: a primeira que especifica o nome do caso de carregamento, até 8 caracteres alfanuméricos e a última que deve ser necessariamente FIMG. O nome do caso de carregamento é utilizado como prefixo dos arquivos serem montados com sufixos "REA" e "PLO" a serem lidos pelos programas "REAC" e "PLOT3". Esse nome não poderá conter os seguintes caracteres: * + = [] ; : " \ / , . ? < > e espaço ex branco entre caracteres.

Exemplo:

```
1 5
-----
.
.
.
FIMG
CARRI
.
.
.
FIMG
```

dados do carregamento

```

dados do / CARR2
carrega- :
mento 2  :
         :
         :
         :
         :
         \ FIMC
         :
         :
         :

```

Os dados referentes a cada caso de carregamento do pórtico são fornecidos no item 5.2. Também aqui o usuário está livre para dispor as tabelas segundo a ordem que lhe convier e reconectar uma tabela previamente encerrada. A única regra a ser obedecida é de que ao se iniciar determinada especificação de dados do carregamento ela deve ser esgotada.

Cabe observar que um mesmo nó ou uma mesma barra pode ser carregada quantas vezes desejar o usuário, e em tabelas distintas, que o programa PPLAN3 se incumbe de promover as superposições adequadas.

O programa entende o fim do arquivo de dados ao se especificar o título FIME.

Exemplo:

```

coluna 1 5
-----
.
.
.
CARR5
.
.
.
.
FIMC
FIME

```

7. INSTRUÇÕES PARA USO DO PROGRAMA

O disco que contém as unidades de processamento do programa PPLAN3 deve estar no drive A:. O outro drive (B: ou C:) deve ser o drive corrente e deve conter o arquivo de dados e espaço livre para a criação de arquivos temporários.

Digita-se "A:PPLAN" e tecla-se "ENTER". O programa pedirá o nome do arquivo de dados que deve ser digitado e, em seguida, tecla-se "ENTER".

O programa perguntará se o usuário deseja anular as opções de saída de relatórios, fornecidas no arquivo de dados ("OPTE.11,12,13,14,15"), para que todos os relatórios sejam apresentados na tela. Deve-se responder "S", se caso positivo, ou "N", se caso negativo e teclar "ENTER".

Ainda será perguntado se o usuário deseja anular as opções de esforços solicitantes ao longo das barras, fornecidas no arquivo de dados. A resposta deve ser dada como no caso imediatamente anterior.

Ao término da execução de cada unidade de processamento o programa automaticamente verificará a ocorrência de erros e, se caso afirmativo, interromperá o processamento para que o usuário possa promover as devidas correções.

8. RELATORIOS DE GERAÇÃO E CONSISTENCIA DE DADOS

8.1 GENERALIDADES

O programa PPLANS possui eficientes recursos para verificar a consistência de dados, indicando erros de geração ou alertando para situações especiais do modelo. Durante a execução o programa apresenta relatórios de geração e consistência dos dados, tanto para a geometria como para o carregamento. Em cada relatório os dados de entrada são organizados de modo a permitir ao usuário uma rápida conferência.

São também apresentadas observações em dois níveis: ATENÇÃO e ERRO. A ATENÇÃO é uma advertência que não causa a interrupção do processamento, sendo sempre complementada com uma mensagem indicadora de sua causa, como por exemplo, redefinição de nós, barras, etc. A causa da advertência pode até mesmo ter sido planejada pelo usuário e não compromete a execução do programa. Já o ERRO interrompe a execução no instante em que toda a geração e consistência estiverem prontas. Junto ao ERRO é apresentada uma mensagem indicadora de sua causa como, por exemplo, barra de comprimento nulo, nó extremo de barra não definido, comprimento de distribuição de carga excedendo limite de barra, etc.

Cabe observar que a geração e a consistência são realizadas independentemente para os dados da geometria e para os dados de cada um dos casos de carregamento.

8.2 DADOS DA GEOMETRIA

A geração dos dados da geometria é apresentada em relatórios que além de conterem as informações fornecidas no arquivo de dados, montado pelo usuário, adicionam outras que dependem do processamento das informações iniciais. Todos esses relatórios tem em comum os cabeçalhos apresentados sempre com traço simples.

Os dados fornecidos pelo usuário, quanto as características das barras, são complementados com o comprimento de cada barra e o cosseno diretor do angulo que o seu eixo ox local forma com o eixo OX global, que auxilia na conferencia das características geométricas do pórtico.

Os relatorios de geração de dados ainda possuem um aspecto importante que é a apresentação, na extremidade direita, de uma identificação do titulo da tabela do arquivo de dados que deu origem aos dados gerados. Essa identificação facilita ao usuário a localização da linha do arquivo de dados que gerou a linha do relatório que está sendo apresentado. Isso é especialmente interessante se houver necessidade de alteração de dados, observada pelo usuário ou acusada pelo programa.

Exemplo:

GERACAO DE COORDENADAS NODAIS

NO	COORD X	COORD Y	IDENT
1	-100.000	285.000	NO
2	-100.000	618.000	NO
3	722.000	618.000	NOGL
4	722.000	285.000	NOGL

No final da geração e consistencia da geometria é apresentado um resumo da estatística dos parâmetros elasticos e geométricos do pórtico: número de nós, número de nós com restrições, número de restrições nodais, número de barras, número de barras com rotulas, número de rotulas, número de propriedades de barras, número de materiais, máxima diferença entre números de nós de uma barra, largura da semi-banda da matriz de rigidez, número de graus de liberdade, número de elementos da matriz de rigidez.

Em seguida apresenta-se um quadro com o número de erros e advertencias, sendo que no caso de não haver erros, o programa continua automaticamente o processamento, mostrando os relatorios finais da geometria e montando a matriz de rigidez.

8.3. DADOS DO CARREGAMENTO

Após o processamento dos dados da geometria o programa PPLAN3 passa à interpretação, geração, consistencia e processamento dos casos de carregamento. É feita uma apresentação desses dados, organizados em relatorios que contem, a exemplo das características geométricas, informações que possibilitem um perfeito acompanhamento e conferencia dos valores fornecidos.

Aqui tambem existe uma indicaçao dos titulos das tabelas do arquivo de dados que geraram as diversas linhas do relatorio apresentado.

Exemplo:

GERACAO DE CARGAS NODAIS

NO	FORCA X	FORCA Y	MOMENTO	IDENT
27	-82.250	0.000	520.000	CNO
30	5.800	3.200	0.000	CNOG
33	5.800	3.200	0.000	CNOG
36	5.800	3.200	0.000	CNOG

No final da geracao e consistencia do carregamento e apresentado um quadro contendo o numero de erros e advertencias detectados, sendo que, se não houver erros, o programa automaticamente continuara o processamento. Caso contrario o processamento sera interrompido para que o erro possa ser corrigido e o carregamento novamente processado (ver opcao CTRL, item 7.)

8. RELATORIOS FINAIS

Esses relatorios diferenciam-se dos apresentados na geracao e consistencia de dados nos seguintes aspectos:

- Os traços demarcadores dos cabecalhos são duplos.
- Não é apresentada a identificação da tabela correspondente do arquivo de dados.
- Apresentam os elementos em ordem numerica crescente.

8.1. RELATORIOS DOS DADOS DA GEOMETRIA

Após a geracao e consistencia da geometria do portico, na hipotese de não haver nenhum erro, o programa exibe relatorios finais, de forma ordenada, que apresentam: coordenadas e restricoes nodais, caracteristicas das barras, propriedades das barras e propriedades dos materiais.

8.1.1. COORDENADAS E RESTRICÇÕES NODAIS

A formataçao de saida e a seguinte:

=====

COORDENADAS E RESTRICOES MODAIS

NO	COORD X	COORD Y	RESTR X	RESTR Y	RESTR R
1	-100.000	285.000	1	1	1
2	-100.000	618.000	.1000E+38	0	.1000E+05
3	722.000	618.000	1	0	0

onde:

NO= número do nó

COORD X= coordenada segundo o eixo OX

COORD Y= coordenada segundo o eixo OY

RESTR X= indicador de restrição de translação segundo OX

RESTR Y= indicador de restrição de translação segundo OY

RESTR R= indicador de restrição de rotação

OBS: Para o nó 2, o valor .1000E+38 de RESTR X significa impedimento de translação segundo o eixo global OX. Esse valor apareceria igual a 1, caso não existisse mola no nó 2.

8.1.2 CARACTERISTICAS DAS BARRAS

A formatação de saída é a seguinte:

=====

CARACTERISTICAS DAS BARRAS

BARRA	NO INIC	ROT INIC	NO FIN	ROT FIN	PROP	COMPRIMENTO	COSENO DIRETOR
1	5	0	8	0	1	295.000	0.0000
2	8	0	12	0	1	323.000	0.0000
3	9	1	8	1	2	222.320	0.9884

onde:

BARRA= número da barra

NO INIC= número do nó inicial

ROT INIC= indicador de rotula no nó inicial

NO FIN= número do nó final

ROT FIN= indicador de rotula no nó final

PROP= número da propriedade da barra

COMPRIMENTO= comprimento da barra

COSENO DIRETOR= cosseno do angulo formado pelos eixos ox e OY

8.1.3. PROPRIEDADES DAS BARRAS

A formatação de saída é a seguinte:

```
=====
PROPRIEDADES DAS BARRAS
=====
PROP  MAT      AREA      I FLEXAO      ALTURA      TEMP
=====
1     1     .33600E+04     .12200E+06     40.00     25.00
2     1     .25025E+04     .10000E+06     50.00     20.00
3     2     .33600E+04     .12200E+06     40.00     20.00
=====
```

onde:

PROP= número da propriedade
MAT = número do material associado
AREA= área da seção transversal
MOM INERCIA= momento de inércia à flexão
ALTURA= altura da seção transversal
TEMP= temperatura de referência

8.1.4. PROPRIEDADES DOS MATERIAIS

A formatação de saída é a seguinte:

```
=====
PROPRIEDADES DOS MATERIAIS
=====
MAT      MOD LONG      PESO ESP      COEF TERM
=====
1     .30000E+03     .25000E-05     .1500E-04
2     .25000E+03     .25000E-05     .1200E-04
=====
```

onde:

MAT= número do material
MOD ELAST= módulo de elasticidade longitudinal (Young)
PESO ESP = peso específico
COEF TERM= coeficiente de dilatação térmica

8.2. RELATORIOS DOS RESULTADOS DOS CARREGAMENTOS

De modo análogo, após a geração e consistência dos dados referentes a cada um dos casos de carregamento, o programa PPLANS exibe, na hipótese de não haver nenhum erro, relatórios que apresentam: cargas nodais equivalentes, deslocamentos nodais, esforços nas extremidades das barras, resultantes nodais e, conforme opção do usuário, esforços ao longo das barras.

8.2.1. CARGAS NODAIS EQUIVALENTES

As cargas nodais equivalentes são os efeitos sobre os nós, considerados bloqueados, do carregamento aplicado no pórtico. A formatação de saída é a seguinte:

=====

NO	FORÇA X	FORÇA Y	MOMENTO
1	25.825	-35.000	0.000
2	0.000	15.233	-150.125
3	0.000	0.000	0.000

onde:

NO= número do nó
FORÇA X= força segundo o eixo OX
FORÇA Y= força segundo o eixo OY
MOMENTO= momento no plano XY (positivo se no sentido horário)

8.2.2. DESLOCAMENTOS NODAIS

A formatação de saída é a seguinte:

=====

NO	DESLOC X	DESLOC Y	ROTACAO
1	.0090908	.0316286	.0005722
2	0.0000000	0.0000000	0.0000000
3	-1.0576254	.7485921	.0005268

onde:

NO= número do nó
DESLOC X= translação segundo o eixo OX
DESLOC Y= translação segundo o eixo OY
ROTACAO= rotação no plano XY (positiva se no sentido horário)

9.2.3. ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS

Os esforços solicitantes, cujas convenções de sinais são apresentadas com detalhes no item 10., tem a seguinte formatação de saída:

=====

ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS

BARRA	NO	NORMAL	CORTANTE	M FLETOR
1	5	115.793	6.402	-8588.804
	7	115.793	6.402	-4711.382
2	7	112.753	8.155	-4711.382
	11	112.753	8.897	2055.235

onde:

BARRA= número da barra
NO= número do nó
NORMAL= esforço solicitante normal
CORTANTE= esforço solicitante cortante
MOMENTO= esforço solicitante momento fletor

9.2.4. RESULTANTES NODAIS

As resultantes nodais são efeitos de cargas externas aplicadas em nós (carregamentos e reações de apoio). A formatação de saída é a seguinte:

=====

RESULTANTES NODAIS

NO	RESULT X	RESULT Y	MOMENTO
1	0.000	32.542	152.897
2	-2.587	-9.854	0.000
3	1.587	52.548	0.000

onde:

NO= número do nó
RESULT X= força resultante segundo o eixo OX
RESULT Y= força resultante segundo o eixo OY
MOMENTO = momento resultante no plano XY

9.2.5. ESFORÇOS AO LONGO DAS BARRAS

Os esforços apresentados a cada decimo de vão, cujas convenções de sinais são mostradas no item 10., tem a seguinte formatação de saída:

=====

BARRA	REL X/L	NORMAL	CORTANTE	M. FLETOR
1	0/10	289.254	3814.277	-779.945
1	1/10	289.254	3474.427	151.827
1	10/10	289.254	-7784.225	-7159.966
2	0/10	459.652	8268.801	-7159.966
2	1/10	459.652	7237.176	-4113.842

onde:

BARRA= número da barra
REL X/L= posição da seção ao longo do vão
NORMAL= esforço solicitante normal
CORTANTE= esforço solicitante cortante
MOMENTO= esforço solicitante momento fletor

10. ANÁLISE DE RESULTADOS

O programa PPLANS não realiza qualquer conversão de unidades. Assim, todos os dados devem ser fornecidos em unidades coerentes. Por exemplo, se as coordenadas nodais forem dadas em cm, outros comprimentos também deverão ser-lo, assim como momentos de inércia em cm⁴, etc. Os resultados da análise serão apresentados nas mesmas unidades adotadas nos dados de entrada. Toda a responsabilidade quanto a escolha e coerência de unidades recai sobre o usuário.

Embora alguns resultados apareçam arredondados, os cálculos são realizados pelo programa PPLANS com uma precisão equivalente a 7 algarismos significativos. Em todos os testes feitos com o programa, mesmo em estruturas muito deslocáveis, com diferenças significativas entre as rigidezes de suas barras e no limite da capacidade do programa, os resultados obtidos foram muito precisos, obedecendo, com folga, aos limites de tolerância normalmente aceitos na engenharia de estruturas. Entretanto, ainda assim, o programa PPLANS permite ao usuário verificar a estabilidade numérica da solução, bastando para tanto uma consulta ao relatório das resultantes nodais, onde faz-se uma comparação entre a somatoria do carregamento aplicado e as reações de apoio decorrentes da análise, segundo os eixos globais OX e OY.

Os resultados correspondentes aos nós (deslocamentos e resultantes nodais) tem os seus sentidos e direcções referidos ao sistema global de coordenadas, enquanto que os esforços solicitantes nas barras tem os seus sinais ligados aos sistemas locais de coordenadas, de acordo com o apresentado na fig. 10.

As convenções de sinais dos esforços solicitantes nas barras do pórtico podem ser resumidas nas regras a seguir:

- São positivas as cortantes que giram horarise sobre a barra ao observa-la com o nó inicial à esquerda e o nó final à direita (eixo ox local apontado para a direita).
- São positivos os momentos fletores que tracionam regiões da barra localizadas do lado negativo do eixo oy local (inferior).
- São positivas as normais de tração.

Exemplo: Os esforços solicitantes na barra 1, junto aos seus nós extremos 1 (inicial) e 2 (final), apresentados a seguir, estão representados na fig. 11.

=====

ESFORÇOS NAS EXTREMIDADES DAS BARRAS

BARRA	NÓ	NORMAL	CORTANTE	M FLETOR
1	1	-320.000	308.200	0.000
	2	-320.000	463.000	5491.000

Os esforços solicitantes ao longo das barras tem sempre os seus valores apresentados para a secção à direita, infinitamente proxima da secção em análise. Imagine que exista uma carga transversal concentrada no meio de uma barra, gerando, portanto, descontinuidade na cortante neste local. O valor apresentado no relatório de saída de resultados é o valor à direita da descontinuidade.

11. INFORMACOES GERAIS AO USUARIO

A intenção deste item é a de transmitir algumas informações aos usuários do programa PPLANS, que brotarão naturalmente da experiencia dos autores com o sistema ANSER e outras que devem servir como alertas para a sua boa utilização.

- No caso de ser ultrapassada a capacidade do programa é aconselhavel uma tentativa de renumeração de nós buscando reduzir a maxima diferença entre os números dos nós das barras.

Carregamentos:

Carregamento 1: Todas as ações mostradas na fig. 14 e o peso próprio de todas as barras.

Arquivo de dados:

OPTE,0,0,0,0,0,

EXEMPLOS

PROJETO ANSER

EXEMPLOS

NOGP

1,0,2,0,0,1000,0,

2,10,1,0,200,1000,200,

BARG

1,4,1,1,2,3,2,1,

5,8,1,2,2,4,2,1,

8,13,1,1,2,2,2,2,

14,17,1,2,2,3,2,3,

ROTG

1,17,1,1,1,1,

RESG

1,10,1,0,0,1,

1,0,0,1,1,1,

PROP

1,1,10.50E-4,100E-8,

2,1,0.00E-4,14.90E-8,

3,1,0.16E-4,23.4E-8,

MATL

1,21E7,78,

FING

CARR1

ACEG

1,10,1,0,-1,

CKOG

2,10,2,0,-15,

4,0,2,0,-15,

CNO

2,20,

FIMC

FIME

barras	material	area (cm ²)	inerçia (cm ⁴)	altura (cm)	temp. ref. (°C)
1 a 7	1	25000	13000000	-	-
8 a 15	1	30000	22000000	-	-
16 a 21	1	20000	7000000	-	-

Propriedades dos materiais:

material	mod. elast. (KN/cm ²)	peso esp. (KN/cm ³)	coef. dil. term. (/°C)
1	3000	25E-6	1.E-5

Carregamentos:

Carregamento 1: peso próprio em todas as barras

Carregamento 2: todas as ações mostradas na fig. 13

Arquivo de dados:

OPTE,0,0,0,0,0,
EXEMPLOS
PROJETO ANSER
EXEMPLO2
NO

1,0,1000,
2,300,0,
3,600,1000,
4,600,350,
5,900,1000,
6,900,600,
7,1200,1000,
8,1200,750,
9,1500,600,
10,1800,1000,
11,1800,750,
12,2100,1000,
13,2100,600,
14,2400,1000,
15,2400,350,
16,3000,1000,
17,2700,0,

RESG

1,2,1,1,1,

RES

16,0,1,
17,1,1,

```

BARO
  1,3,1,1,2,3,2,1,1,
  5,7,1,10,2,12,2,1,1,
  6,10,1,2,2,4,2,2,
  11,12,1,8,1,9,2,2,
  13,15,1,11,2,13,2,2,
  16,18,1,5,2,4,2,3,
  19,21,1,10,2,11,2,3,
BAR
  4,7,10,1,1,1,
ROTG
  16,21,1,1,1,
PROP
  1,1,25E3,13E5,
  2,1,30E3,22E5,
  3,1,20E3,7E5,
KATL
  1,3000,25E-8,
FIMG
CARR1
ACEG
  1,21,1,0,-1,
FIMC
CARR2
CBRG
  1,3,1,1,-.35,1,
  5,7,1,1,-.35,1,
CBR
  4,1,-.15,1,
  4,1,-150,0,.25,
  4,1,-150,0,.50,
  4,1,-150,0,.75,
FIMC
FIME

```

12.3. EXEMPLO 3 (ver fig. 14)

Propriedades das barras:

barras	material	area (m ²)	inerçia (m ⁴)	altura (m)	temp. ref. (°C)
1 a 8	1	18.58E-4	100E-8	-	-
9 a 13	1	8.00E-4	14.8E-8	-	-
14 a 17	1	8.16E-4	23.4E-8	-	-

Propriedades dos materiais:

material	mod. elast. (KN/m ²)	peso esp. (KN/m ³)	coef. dil. term. (/oC)
1	21E7	7E	1.E-5

Carregamentos:

Carregamento 1: Todas as ações mostradas na fig. 14 e o peso próprio de todas as barras.

Arquivo de dados:

OPTE,0,0,0,0,0,

EXEMPLOS

PROJETO ANSER

EXEMPLOS

NOGP

1,0,2,0,0,1000,0,

2,10,1,0,200,1000,200,

BARG

1,4,1,1,2,3,2,1,

5,8,1,2,2,4,2,1,

8,13,1,1,2,2,2,2,

14,17,1,2,2,3,2,3,

ROTG

1,17,1,1,1,

RESG

1,10,1,0,0,1,

1,8,8,1,1,1,

PROP

1,1,10.50E-4,100E-8,

2,1,8.00E-4,14.90E-8,

3,1,8.16E-4,23.4E-8,

MATL

1,21E7,78,

FIMG

CARR1

ACEG

1,10,1,0,-1,

CKOG

2,10,2,0,-15,

4,8,2,0,-15,

CKO

2,20,

FIMC

FIME

13. FIGURAS

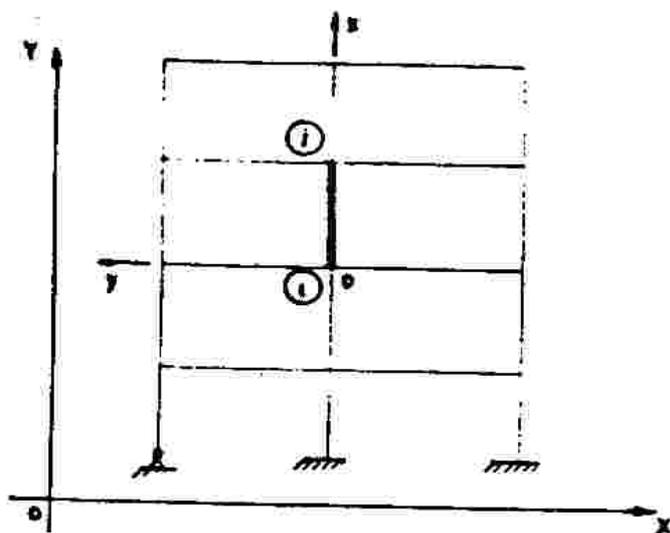


Fig. 1 - Sistema de Coordenadas

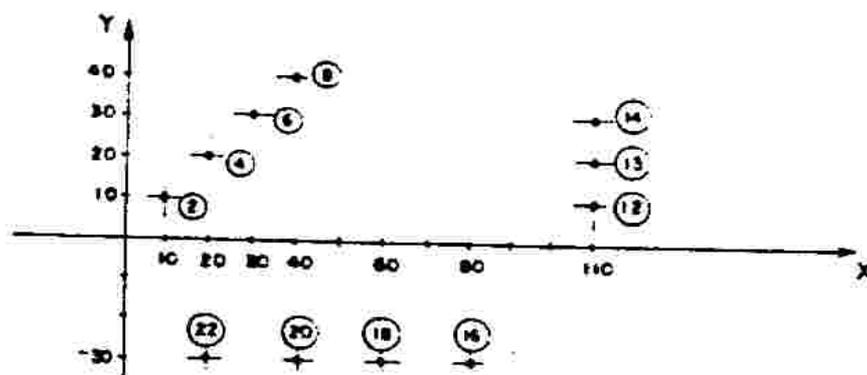


Fig. 2 - Exemplo de geração de coordenadas nodais

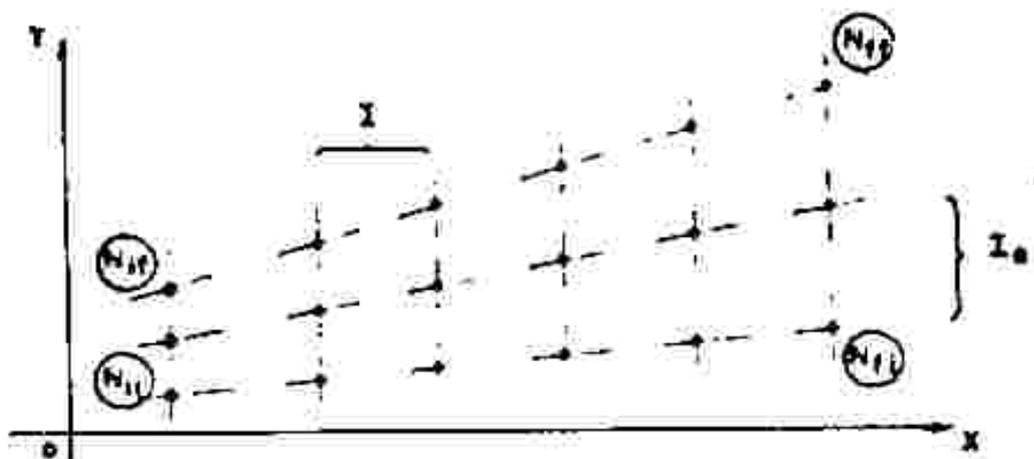


Fig. 3 - Geração plana de nós

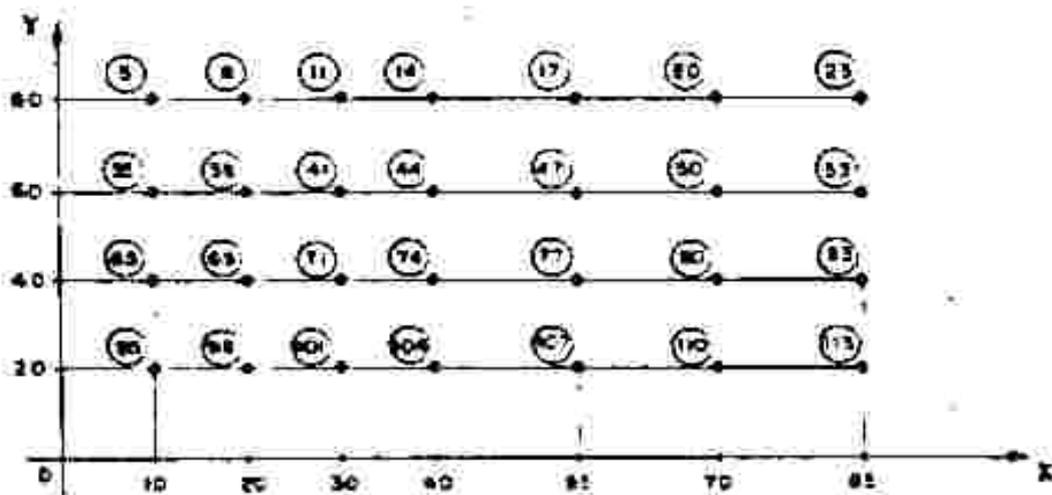


Fig. 4 - Exemplo de geração plana de nós

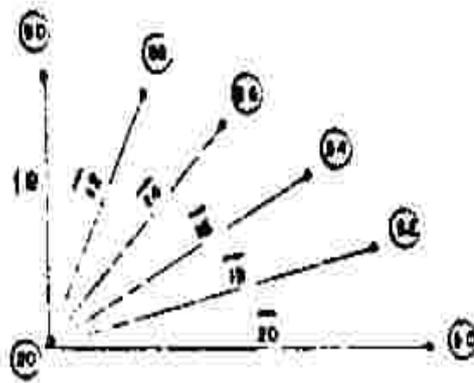
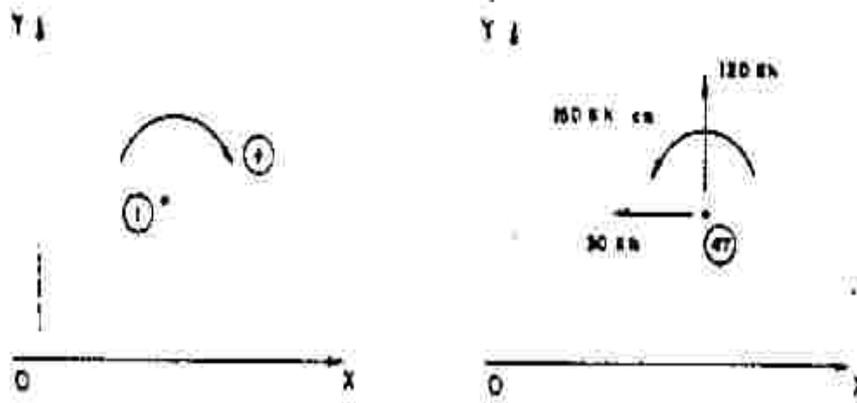


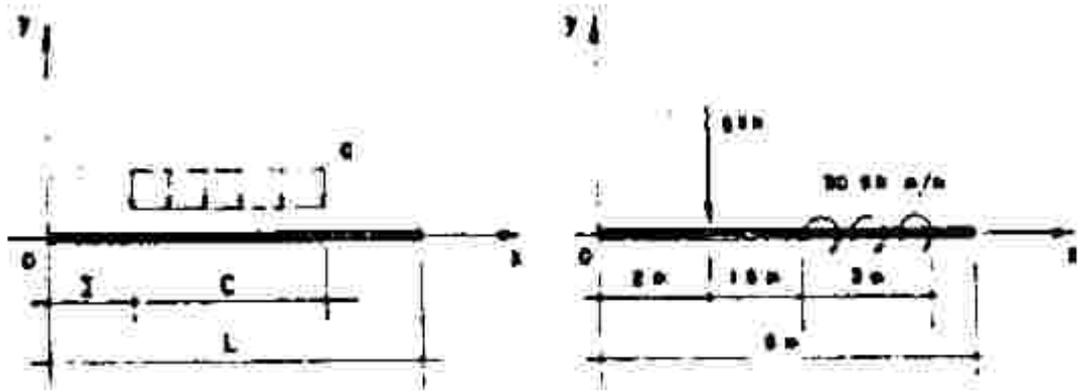
Fig. 5 Exemplo de geração de incidência e propriedade de barra



a) Sentido positivo de momento

b) Exemplo de nó carregado

Fig. 6 - Cargas nodais



a) Notação

b) Exemplo de barra carregada

Fig. 7 - Cargas em barras

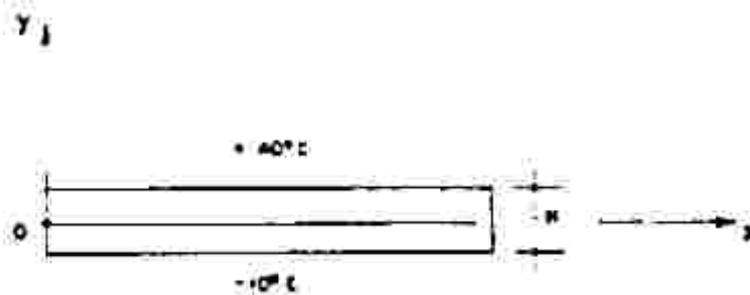


Fig. 8 - Exemplo de efeito de temperatura em barras