



**O MÉTODO DA RELAXAÇÃO DINÂMICA NA ANÁLISE ESTRUTURAL  
DE VASOS DE PRESSÃO DE CONCRETO**

**Ian Davidson, Mauro Ribeiro de Assis Bastos e Pedro Bento de Camargo**

**PUBLICAÇÃO IEA 471  
CEN - AACN 47**

**ABRIL/1977**

**O MÉTODO DA RELAXAÇÃO DINÂMICA NA ANÁLISE ESTRUTURAL  
DE VASOS DE PRESSÃO DE CONCRETO**

Ian Davidson, Mauro Ribeiro de Assis Bastos e Pedro Bento de Camargo

**CENTRO DE ENGENHARIA NUCLEAR**  
(Área de Análise de Centrais Nucleares)

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
SÃO PAULO – BRASIL

**APROVADO PARA PUBLICAÇÃO EM JUNHO/1976**

**CONSELHO DELIBERATIVO**

**Klaus Reinach – Presidente**  
**Roberto D'Utra Vaz – Vice-Presidente**  
**Helcio Modesto da Costa**  
**Ivano Humbert Marchesi**  
**Admar Cervellini**  
**Regina Elisabete Azevedo Beretta**  
**Flávio Gori**

**SUPERINTENDENTE**

**Rômulo Ribeiro Pieroni**

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
**Caixa Postal 11.049 (Pinheiros)**  
**Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"**  
**SÃO PAULO – BRASIL**

## ÍNDICE

	Página
I – Introdução	1
II – Fundamentos do Método da Relaxação Dinâmica	2
III – O Método da Relaxação Dinâmica	5
IV – Equações de Diferenças	9
V – Condições de Contorno	13
VI – Fissuras	15
VII – Planos Radiais de Simetria	18
VIII – Convergência	21
IX – Equações Referentes a Alguns Blocos	22
X – O Programa do Computador	28
APÊNDICE A	60
APÊNDICE B	110
ABSTRACT	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114

# O MÉTODO DA RELAXAÇÃO DINÂMICA NA ANÁLISE ESTRUTURAL DE VASOS DE PRESSÃO DE CONCRETO.

Ian Davidson, Mauro Ribeiro de Assis Bastos e Pedro Bento de Camargo

## RESUMO

Este trabalho de autoria do Eng<sup>o</sup> Ian Davidson, consultor do IEA, que foi assistido pelos Eng<sup>os</sup> Mauro Ribeiro de Assis Bastos e Pedro Bento de Camargo, este último, responsável pelos programas de pesquisa da Área de Vaso de Pressão da CEN tem por finalidade apresentar o Método da Relaxação Dinâmica aplicado à análise tridimensional de estrutura de concreto. Este método, ao lado do Método dos Elementos Finitos, vem sendo utilizado para analisar estruturas sempre que a simplificação bidimensional venha a prejudicar a representação real da estrutura e o estado de tensões a que ela está submetida.

Os vasos de pressão de reatores nucleares incluem-se entre as estruturas mencionadas. Esses vasos, quando projetados para serem contruídos em concreto protendido exigem uma análise minuciosa e precisa relativa ao surgimento de fissuras.

A importância do Método da Relaxação Dinâmica prende-se ao fato de ter por base princípios físicos de fácil compreensão e utilizar como procedimento matemático a solução por Diferenças Finitas que permite acompanhar, passo a passo, o carregamento da estrutura e o desenvolvimento de fissuras até atingir a ruptura.

O Método da Relaxação Dinâmica vem sendo empregado há duas décadas aproximadamente e de modo particular na Europa. Sua introdução no Brasil se deve ao Eng<sup>o</sup> Ian Davidson que o utilizou na análise estrutural do modelo 1/20 do vaso de pressão de concreto protendido que será ensaiado no Instituto de Energia Atômica.

Os autores desenvolveram, paralelamente no IEA, um programa em linguagem FORTRAN para o cálculo da estrutura referida que, entretanto, poderá ser empregado para outros cálculos com as adaptações necessárias.

## I – INTRODUÇÃO

A análise estrutural de um vaso de pressão em concreto protendido é quase sempre realizada por modelos axissimétricos tanto em sua forma geométrica como no modo de carregamento. Entretanto, essa representação axissimétrica pode ser facilmente invalidada pela simples presença de penetrações no interior do vaso. Se levarmos em consideração a existência de cavidades no vaso, a distorção decorrente da análise axissimétrica tornar-se-á ainda mais acentuada. Deste modo, se por motivo de segurança ou economia desejarmos uma análise que descreva com maior fidelidade o comportamento de nossa estrutura, surge a necessidade de analisá-la como submetida a um estado triaxial de tensões.

Qualquer solução analítica do problema torna-se impraticável devido ao alto grau de complexidade das equações diferenciais. Soluções aproximadas, entretanto, poderão ser obtidas utilizando-se o método dos elementos finitos ou o método da relaxação dinâmica. Os dois métodos fundamentam-se na teoria da elasticidade, porém diferem em suas soluções formais. O método da relaxação dinâmica será descrito, a seguir, de forma sucinta, mediante o emprego de coordenadas cilíndricas.

## II – BASES DA RELAXAÇÃO DINÂMICA

O tratamento do caso mais geral de teoria da elasticidade obriga-nos a resolver um sistema de quinze (15) equações diferenciais com quinze (15) incógnitas. Essas quinze (15) equações diferenciais colocadas em termos de coordenadas cilíndricas<sup>(1)</sup> são:

1) Neste trabalho, todas as equações envolvidas serão postas em termos de coordenadas cilíndricas, visto que esse tipo de coordenadas é o que melhor se adapta à geometria da estrutura em estudo (cilindro com multicavidades), simplificando sobremaneira as condições de contorno.

a) Três equações de equilíbrio

– Equilíbrio na direção radial

$$\frac{\delta \sigma_r}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \tau_{\theta r}}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{zr}}{\delta z} + \frac{\sigma_r - \sigma_{\theta}}{R} = 0$$

– Equilíbrio na direção tangencial

$$\frac{\delta \tau_{r\theta}}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \sigma_{\theta}}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{z\theta}}{\delta z} + 2 \frac{\tau_{r\theta}}{R} = 0$$

– Equilíbrio na direção axial

$$\frac{\delta \tau_{rz}}{\delta r} + \frac{1}{r} \frac{\delta \tau_{\theta z}}{\delta \theta} + \frac{\delta \sigma_z}{\delta z} + \frac{\tau_{rz}}{R} = 0$$

b) Seis equações da Lei de Hooke relacionando as tensões com as deformações são<sup>(2)</sup>:

$$\sigma_r = (\lambda + 2\mu) \epsilon_r + \lambda (\epsilon_z + \epsilon_{\theta})$$

$$\sigma_z = (\lambda + 2\mu) \epsilon_z + \lambda (\epsilon_r + \epsilon_{\theta})$$

$$\sigma_{\theta} = (\lambda + 2\mu) \epsilon_{\theta} + \lambda (\epsilon_r + \epsilon_z)$$

$$\tau_{r\theta} = \frac{\gamma_{r\theta}}{G}$$

$$\tau_{z\theta} = \frac{\gamma_{z\theta}}{G}$$

$$\tau_{rz} = \frac{\gamma_{rz}}{G}$$

$$\text{Com } G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

$$2) \text{ Onde } \lambda = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \quad \mu = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (\text{constante de Lamé}) \text{ e:}$$

$E$  = módulo de elasticidade do material

$\nu$  = Coeficiente de Poisson

c) Seis equações de compatibilidade deformações-deslocamentos:

$$\epsilon_r = \frac{\delta u}{\delta r}, \quad \epsilon_\theta = \frac{u}{R} + \frac{\delta v}{\delta \theta}, \quad \epsilon_z = \frac{\delta \omega}{\delta z}$$

$$\gamma_{rz} = \frac{\delta u}{\delta z} + \frac{\delta \omega}{\delta r}, \quad \gamma_{\theta z} = \frac{\delta \omega}{R\delta \theta} + \frac{\delta v}{\delta z}$$

$$\gamma_{\theta r} = \frac{\delta u}{R\delta \theta} + \frac{\delta v}{\delta r} - \frac{v}{r}$$

Por meio de transformações algébricas, pode-se eliminar as seis incógnitas deformações, transformando o sistema inicial de quinze (15) equações e quinze (15) incógnitas em um sistema de nove (9) equações e nove (9) incógnitas, sendo que as últimas desse novo sistema são seis tensões e três deslocamentos. A representação formal desse novo sistema é:

$$1) \frac{\delta \sigma_r}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \tau_{r\theta}}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{rz}}{\delta z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{R} = 0$$

$$2) \frac{\delta \tau_{r\theta}}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \sigma_\theta}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{z\theta}}{\delta z} + \frac{2\tau_{r\theta}}{R} = 0$$

$$3) \frac{\delta \tau_{rz}}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \tau_{\theta z}}{\delta \theta} + \frac{\delta \sigma_z}{\delta z} + \frac{\tau_{r\theta}}{R} = 0$$

$$4) \sigma_r = (\lambda + 2\mu) \frac{\delta u}{\delta r} + \lambda \left( \frac{u}{r} + \frac{1}{R} \frac{\delta v}{\delta \theta} + \frac{\delta \omega}{\delta z} \right)$$

$$5) \sigma_\theta = \frac{1}{R} (\lambda + 2\mu) \left( u + \frac{\delta v}{\delta \theta} \right) + \lambda \left( \frac{\delta u}{\delta r} + \frac{\delta \omega}{\delta z} \right)$$

$$6) \sigma_z = (\lambda + 2\mu) \frac{\delta \omega}{z} + \lambda \left( \frac{\delta u}{\delta r} + \frac{u}{r} + \frac{1}{R} \frac{\delta v}{\delta \theta} \right)$$

$$7) \tau_{r\theta} = \mu \left( \frac{1}{R} \frac{\delta u}{\delta \theta} + \frac{\delta v}{\delta r} - \frac{v}{r} \right)$$

$$8) \tau_{rz} = \mu \left( \frac{\delta v}{\delta z} + \frac{\delta \omega}{\delta r} \right)$$

$$9) \tau_{z\theta} = \mu \left( \frac{\delta v}{\delta z} + \frac{1}{R} \frac{\delta \omega}{\delta \theta} \right)$$

Entretanto, essas relações são válidas também quando o corpo não está em equilíbrio estático observando-se, obviamente, que as equações relativas ao equilíbrio serão as correspondentes a um equilíbrio dinâmico<sup>(3)</sup>. Tais equações são:

$$\frac{\delta \sigma_r}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \tau_{\theta r}}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{zr}}{\delta z} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{R} = \rho \alpha_r$$

$$\frac{\delta \tau_{r\theta}}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \sigma_\theta}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{z\theta}}{\delta z} + 2 \frac{v \cdot r\theta}{R} = \rho \alpha_\theta$$

$$\frac{\delta \tau_{rz}}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \tau_{\theta r}}{\delta \theta} + \frac{\delta \sigma_z}{\delta z} + \frac{\tau_{rz}}{R} = \rho \alpha_z$$

Onde:

$\rho$  = densidade do material

$\alpha_r, \alpha_\theta, \alpha_z$  = acelerações nas direções  $r, \theta, z$  respectivamente.

3) Essas equações de equilíbrio dinâmico podem ser vistas, em seus pormenores em "MATHEMATICAL THEORY OF ELASTICITY" do autor I.S. SOKOLNIKOFF, McGraw-Hill Book Company, Inc. 2ª edição.

Por motivo de simplificação não estamos considerando forças de massa eventuais, mas poderíamos introduzi-las sem grandes dificuldades.

O método da relaxação dinâmica considera a estrutura em estado de amortecimento viscoso (proporcional às velocidades). Neste caso:

$$\alpha_r = \frac{\delta^2 u}{\delta t^2} + D \frac{\delta u}{\delta t}$$

$$\alpha_z = \frac{\delta^2 \omega}{\delta t^2} + D \frac{\delta \omega}{\delta t}$$

$$\alpha_\theta = \frac{\delta^2 v}{\delta t^2} + D \frac{\delta v}{\delta t}$$



Observando-se esse fato, e derivando as equações 4, 5, 6, 7, 8 e 9 obtêm-se os seguintes sistemas de equações diferenciais:

$$\frac{\delta \sigma_r}{r} + \frac{1}{R} + \frac{\delta \tau_{\theta r}}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{zr}}{\delta z} + \frac{\sigma_r - \sigma_{\theta}}{R} = \rho \left( \frac{\delta^2 u}{\delta t^2} + D \frac{\delta u}{\delta t} \right)$$

$$\frac{\delta \tau_{r\theta}}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \sigma_{\theta}}{\delta \theta} + \frac{\delta \tau_{z\theta}}{\delta z} + 2 \frac{\tau_{r\theta}}{R} = \left( \frac{\delta^2 v}{\delta t^2} + D \frac{\delta v}{\delta t} \right)$$

$$\frac{\delta \tau_{rz}}{\delta r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \tau_{\theta z}}{\delta \theta} + \frac{\delta \sigma_z}{\delta z} + \frac{\tau_{rz}}{r} = \rho \left( \frac{\delta^2 \omega}{\delta t^2} + D \frac{\delta \omega}{\delta t} \right)$$

$$\frac{\delta \tau_r}{\delta t} = (\lambda + 2\mu) \frac{\delta \dot{u}}{\delta r} + \lambda \left( \frac{\dot{u}}{r} + \frac{1}{R} \frac{\delta \dot{v}}{\delta \theta} + \frac{\delta \dot{w}}{\delta z} \right)$$

$$\frac{\delta \sigma_{\theta}}{\delta t} = \frac{1}{R} (\lambda + 2\mu) \left( u + \frac{\delta v}{\delta \theta} \right) + \lambda \left( \frac{\delta u}{\delta r} + \frac{\delta \dot{w}}{\delta z} \right)$$

$$\frac{\delta \sigma_z}{\delta t} = (\lambda + 2\mu) \frac{\delta \dot{w}}{\delta z} + \lambda \left( \frac{\delta \dot{u}}{\delta r} + \frac{\dot{u}}{R} + \frac{1}{R} \frac{\delta \dot{v}}{\delta \theta} \right)$$

$$\frac{\delta \tau_{r\theta}}{\delta r} = \mu \left( \frac{1}{R} \frac{\delta \dot{u}}{\delta \theta} + \frac{\delta \dot{v}}{\delta r} - \frac{\dot{v}}{R} \right)$$

$$\frac{\delta \tau_{rz}}{\delta t} = \mu \left( \frac{\delta \dot{u}}{\delta z} + \frac{\delta \dot{w}}{\delta r} \right)$$

$$\frac{\delta \tau_{z\theta}}{\delta t} = \mu \left( \frac{\delta \dot{v}}{\delta z} + \frac{1}{R} \frac{\delta \dot{w}}{\delta \theta} \right)$$

O método da relaxação dinâmica, em sua formulação mais objetiva, utiliza esse sistema de equações diferenciais, resolvendo-o por meio de diferenças finitas.

Utilizando o incremento tempo ( $\Delta t$ ) como passo entre duas interações e escolhendo parâmetros que garantam uma boa convergência e estabilidade da solução pode-se chegar a um estado tal que as velocidades calculadas sejam muito pequenas (estado residual de velocidades). Nesse estado, costuma-se admitir que o campo de tensões que age na estrutura é coincidente com aquele proveniente da solução elástica com a estrutura em equilíbrio.

### III – O MÉTODO DA RELAXAÇÃO DINÂMICA

3.1 – Com a finalidade de tornar possível o cálculo das tensões e deslocamentos em todas as partes da estrutura ela é dividida em blocos por meio de malha regular. Nesse programa utilizam-se coordenadas cilíndricas e o método de divisão da estrutura é o indicado nas figuras 7.1 e 7.2 que também mostra o método de identificação de cada bloco.

A figura abaixo mostra, esquematicamente, um desses blocos

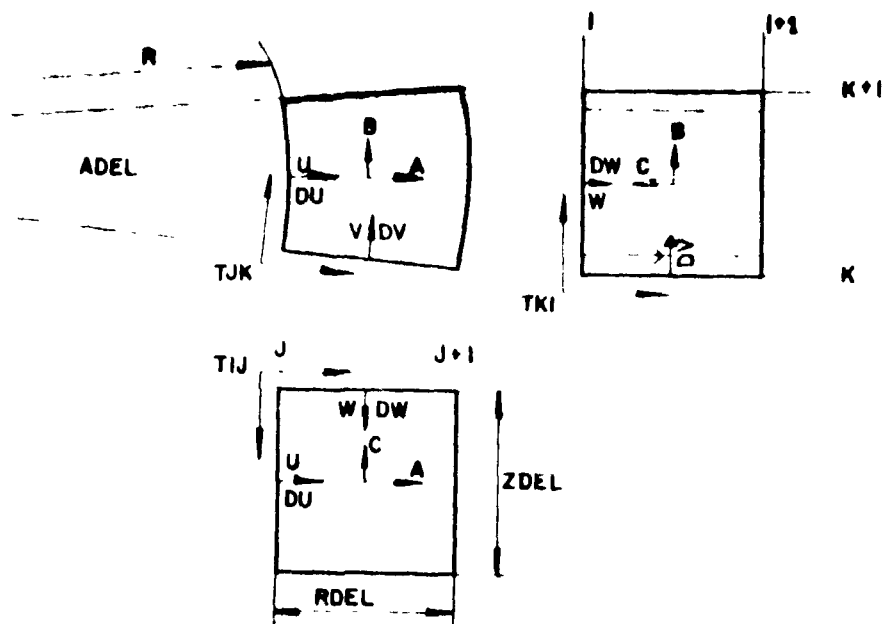


Figura 3.1

3.2 – Cada bloco é identificado pelas coordenadas de seu canto superior esquerdo (I, J, K) conforme mostra a figura 3.1. A estrutura será tratada como um "Array FORTRAN", e as coordenadas, portanto, terão as direções e sentidos indicados nas figuras 3.1 e 7.2

Como se pode verificar as dimensões de um bloco são RDEL e ZDEL e, por conveniência, essas grandezas foram mantidas constantes ao longo da estrutura. R é a distância de um bloco ao eixo do nosso sistema, conforme mostra a figura e, obviamente,  $R = (J - 1) \times RDEL$ . O ângulo que define uma fatia será ADEL; o autor e de parecer que é vantajoso permitir que esse ângulo seja variável, conforme mostra a figura 7.2. Desse modo, certas regiões da estrutura que são assimétricas podem ser analisadas em seus pormenores e em consequência, ADEL será descrito como ADEL (K)

3.3 – O nome dado à tensão radial de compressão será A, analogamente as tensões circunferencial e longitudinal serão B e C, respectivamente. As três tensões serão consideradas constantes ao longo do bloco e as tensões de compressão serão tidas como positivas. As tensões em um bloco (I, J, K), devem ser denominadas por A(I, J, K) e B(I, J, K) e, analogamente, a tensão radial no bloco vizinho a direita será A(I, J + 1, K). Todavia uma grande economia de tempo pode ser obtida se omitirmos os subscritos quando estiverem somente sob a forma I, J ou K. Desse modo, as três tensões supracitadas passarão a receber as anotações A, B e A(J + 1). Evidentemente, os subscritos devem ser escritos de forma completa no programa de computador.

3.4 – De modo semelhante, as tensões de cisalhamento em um bloco serão denominados TIJ, TJK e TKI, e serão calculadas no canto do bloco conforme mostra a figura 3.1 que também mostra a direção positiva dessas tensões. Essas tensões serão consideradas constantes entre a linha média do bloco que a denomina, até a linha média do bloco anterior.

3.5 – O deslocamento radial, o circunferencial e o longitudinal serão, respectivamente, DU, DV e DW e serão calculados nos pontos centrais das faces, conforme mostra a figura 3.1, onde seus sentidos positivos também estão indicados. A convenção particular mostrada na figura 3.1 é arbitrária, todavia ela foi escolhida por ser a mais conveniente, como poderá ser verificado mais adiante.

3.6 – Já mencionamos anteriormente que as tensões são consideradas constantes ao longo do bloco, deste modo a deformação elástica também será, e elas poderão ser expressas por:

$$\begin{aligned} \text{-- deformação na direção radial} &= \frac{DU - DU(J + 1)}{RDEL} \\ \text{-- deformação na direção tangencial} &= \frac{DV - DV(K + 1)}{\left(R + \frac{RDEL}{2}\right) \times ADEL} \\ \text{-- deformação na direção longitudinal} &= \frac{DW - DW(I + 1)}{ZDEL} \end{aligned}$$

Das leis básicas da elasticidade mostradas na secção II, (1), b) deste trabalho, tem-se:

$$\begin{aligned} A = (\lambda - 2\mu) \left( \frac{DU - DU(J + 1)}{RDEL} \right) - \lambda \left[ \frac{DU + DU(J + 1)}{2 \cdot R + RDEL} + \frac{DV - DV(K + 1)}{R + RDEL} \right] \\ + \lambda \left( \frac{DW - DW(I + 1)}{ZDEL} \right) \end{aligned} \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} B = \left( \frac{DU - DU(J + 1)}{RDEL} \right) + (\lambda - 2\mu) \left[ \frac{DU + DU(J - 1)}{2R + RDEL} + \frac{DU - DU(K - 1)}{R + RDEL} \right] \\ + \lambda \left( \frac{DW - DW(I + 1)}{ZDEL} \right) \end{aligned} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} C = \lambda \left( \frac{DU - DU(J + 1)}{RDEL} \right) + \lambda \left[ \frac{DU + DU(J + 1)}{2R + RDEL} + \frac{DU - DU(K + 1)}{R + RDEL} \right] \\ + (\lambda - 2\mu) \left( \frac{DW - DW(I + 1)}{ZDEL} \right) \end{aligned} \quad (3.3)$$

3.7 – Ce modo análogo, pode observar-se na figura 3.2 que as deformações angulares podem ser expressas por:

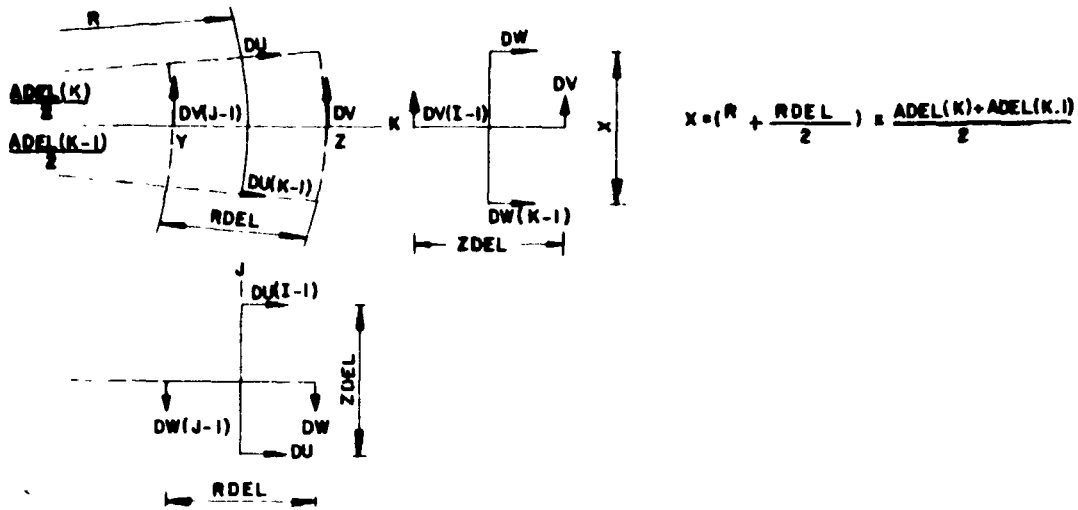


Figura 3.2

$$a) \left[ \frac{DW(J-1) - DW}{RDEL} + \frac{DU(I-1) - DU}{ZDEL} \right] \quad (3.4)$$

$$b) \left[ \frac{DW(K-1) - DW}{\left(R + \frac{RDEL}{2}\right) \times ADEL(K^{\circ})} + \frac{DV(I-1) - DV}{ZDEL} \right] \quad (3.5)$$

onde:

$$ADEL(K^{\circ}) = 0,5 (ADEL(K) + ADEL(K-1))$$

$$c) \left[ \frac{DV(J-1) - DV}{RDEL} - \frac{DV(J-1) + DV}{2 \times R} + \frac{DU(K-1) - DU}{R \times ADEL(K^{\circ})} \right] \quad (3.6)$$

Conforme pode ser observado da figura 3.2, quando o lado YZ se movimenta de uma distância  $\frac{DV(J-1) + DV}{2}$ , este movimento força uma rotação negativa do plano de referência igual a  $\frac{DV(J-1) + DV}{2 \times R}$ , que é o segundo termo da equação (3.6). Os esforços de cisalhamento podem ser

obtidos pela simples divisão das expressões (3.4), (3.5) e (3.6) por  $\mu$ , como foi visto no capítulo II (1), b) deste trabalho.

3.8 – Como vimos, é extremamente simples estabelecer um sistema de equações de diferenças, simultâneas, para qualquer estrutura e em seguida determinar a solução comum dessas equações. Este estágio apresenta alguma dificuldade, mas por outro lado, tem um significado físico fácil de ser verificado.

3.9 – No instante inicial, a estrutura é considerada como livre de tensões e deslocamentos. Os carregamentos externos são aplicados de modo instantâneo. Pela lei de Newton podemos facilmente determinar a aceleração de cada bloco. Se escolhermos um pequeno intervalo de tempo, podemos calcular as deflexões de cada bloco no fim desse intervalo. Cada bloco é agora reconsiderado tendo-se como relações a lei de Hooke e as leis de compatibilidade.

Utilizamos as expressões apresentadas em (3.1) a (3.6) para determinar as tensões correspondentes aos deslocamentos já calculados.

Podemos, então, recalcular os deslocamentos dos blocos que agora estarão sujeitos a tensões adicionadas ao carregamento externo. Com esses novos valores dos deslocamentos podemos determinar novos valores de tensões construindo um processo iterativo, calculando deslocamentos e tensões de forma alternada. Cada conjunto de cálculos será uma iteração.

3.10 – Em cada iteração a aceleração é introduzida como amortecimento viscoso (proporcional à velocidade), desse modo as vibrações irão decrescer e os deslocamentos tornar-se-ão constantes após um certo número de iterações. Em cada fase dos cálculos, as forças externas estão em equilíbrio com as tensões adicionadas as forças de inércia. E quando os deslocamentos se tornam constantes, as forças de inércia se anulam. Por outro lado, os deslocamentos são sempre compatíveis com as tensões, e deste modo, quando as vibrações cessam, os cálculos convergem para a solução estática correta.

3.11 – Conforme o leitor pode observar, a analogia de estrutura vibrante que acaba de ser descrita, representa de fato um sistema simultâneo de equações de diferenças, cuja solução é obtida mediante um processo de aproximações sucessivas. Se o intervalo de tempo e o amortecimento viscoso forem bem escolhidos, o processo de convergência será altamente eficiente. Deve-se observar também que a analogia é correta sob todos os aspectos, e o programa poderá ser usado para a análise de estruturas sob carregamentos dinâmicos.

#### IV – EQUAÇÕES DE DIFERENÇAS

4.1 – As equações para cálculo das tensões já foram descritas nos parágrafos 3.6 e 3.7, em função dos deslocamentos, mas é mais conveniente trabalhar com velocidades, pois estaremos usando somente derivadas de primeira ordem. Um esclarecimento breve torna-se útil. Se uma função suave for dada mediante uma série de valores equidistantes pode-se, por subtração, calcular as diferenças de primeira ordem. Se ela for dividida em intervalos constantes pode-se obter, aproximadamente, os valores para as derivadas de primeira ordem. Ou, considerando-se a estrutura sob análise, os valores de  $A$  (que podem estar sobre uma curva suave) são calculados em intervalos equidistantes (RDEL). Assim sendo, as diferenças de primeira ordem serão  $A - A(J-1)$  ou  $A(J+1) - A$ . E o valor  $\frac{A(J+1) - A}{RDEL}$  será, aproximadamente, igual a  $\frac{\delta A}{\delta X}$  no bloco  $(I, J, K)$ .

4.2 – De modo análogo, pode-se considerar as diferenças de primeira ordem em relação ao tempo. Se  $A_b$  for o valor de  $A$  antes de uma iteração, e  $A_a$  for o valor de  $A$  após a iteração, então  $\frac{A_a - A_b}{TDEL}$  será aproximadamente igual a  $\frac{\delta A}{\delta t}$ . Se as velocidades forem identificadas por  $U$ ,  $V$  e  $W$ , conforme mostra a figura 3.1 ter-se-á:

$$\frac{DU_a - DU_b}{TDEL} = U \quad (4.1)$$

onde U será a velocidade do bloco durante a iteração considerada. Da equação (4.1) podemos estabelecer:

$$DU_a = DU_b + U \times TDEL \quad (4.2)$$

Relações semelhantes devem ser estabelecidas para DV e DW.

4.3 – Agora será possível reescrever em termos de velocidade as equações para cálculo das tensões, apresentadas nos parágrafos 3.6 e 3.7 em termos de deflexão. Evidentemente, se A for uma função de DU então  $(A_a - A_b)$  será a mesma função de  $(DU_a - DU_b)$ , e por outro lado,  $DU_a - DU_b = U \times TDEL$

As equações (3.1), (3.2) e (3.3) poderão, assim, ser reescritas da forma seguinte:

$$A_a = A_b + TDEL \left[ (\lambda - 2\mu) \left( \frac{U - U(J+1)}{RDEL} \right) - \frac{\lambda}{(R + RDEL/2)} \left( \frac{U + U(J+1)}{2} - \frac{V - V(K+1)}{ADEL} \right) + \lambda \left( \frac{W - W(I+1)}{ZDEL} \right) \right] \quad (4.3)$$

$$B_a = B_b + TDEL \left[ \lambda \left( \frac{U - U(J+1)}{RDEL} \right) - \frac{(\lambda + 2\mu)}{(R + RDEL/2)} \left( \frac{U + U(J+1)}{2} - \frac{V - V(K+1)}{ADEL} \right) + \lambda \left( \frac{W - W(I+1)}{ZDEL} \right) \right] \quad (4.4)$$

$$C_a = C_b + TDEL \left[ \lambda \left( \frac{U - U(J+1)}{RDEL} \right) + \frac{\lambda}{(R + RDEL/2)} \left( \frac{U + U(J+1)}{2} - \frac{V - V(K+1)}{ADEL} \right) + (\lambda - 2\mu) \left( \frac{W - W(I+1)}{ZDEL} \right) \right] \quad (4.5)$$

4.4 – De modo análogo, podemos estabelecer relações para as tensões de cisalhamento, baseadas nas apresentadas no parágrafo 3.7. Assim:

$$T_{IJa} = T_{IJb} + \frac{TDEL}{\mu} \left[ \frac{W(J-1) - W}{RDEL} + \frac{U(I-1) - U}{ZDEL} \right] \quad (4.6)$$

$$T_{JKa} = T_{JKb} + \frac{TDEL}{\mu} \left[ \frac{V(J-1) - V}{RDEL} - \frac{V(J-1) + V}{2 \times R} + \frac{U(K-1) - U}{R \times 0.5 (ADEL + ADEL(K-1))} \right] \quad (4.7)$$

$$TKIa = TKIb + \frac{TDEL}{\mu} \left[ \frac{W(K-1) - W}{(R + 0.5 \times RDEL) \times 0.5 (ADEL + ADEL(K-1))} + \frac{V(I-1) - V}{ZDEL} \right] \quad (4.8)$$

4.5 – Neste ponto, pode observar-se, facilmente que os carregamentos externos podem ser aplicados em qualquer ponto da estrutura. A seguir, serão introduzidas as grandezas P, Q e S que representam, respectivamente, os carregamentos radial, longitudinal e circunferencial. Esses carregamentos podem ser aplicados em qualquer ponto da estrutura onde as deflexões são calculadas, e cada um deles terá o sentido positivo do deslocamento correspondente. Com a finalidade de uniformizar o tratamento dos esforços, esses carregamentos externos serão considerados como pressões (semelhante às tensões).

4.6 – Para que as condições fixadas pela teoria da elasticidade sejam plenamente satisfeitas, devemos assegurar também que toda a estrutura satisfaz a Lei de Newton. Essa lei pode ser resumida pela simples relação Força = massa x aceleração. Considerando-se que:

- os pontos de cálculo das acelerações serão os centros das faces dos nossos blocos (locais onde são calculados os deslocamentos).
- todos os pontos da estrutura deverão satisfazer a Lei de Newton.

Adotando-se para o cálculo das velocidades o bloco formado pela primeira metade do bloco que designa a velocidade e pela segunda metade do bloco anterior, sendo que esta última metade é considerada na direção da velocidade, conforme mostra a figura 4.1:

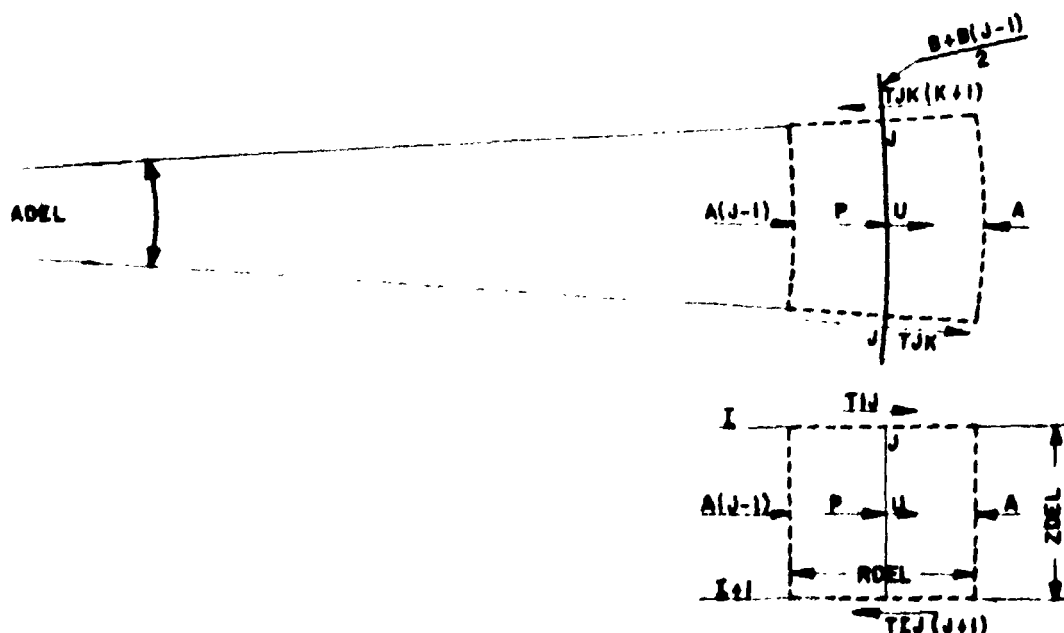


Figura 4.1

4.7 – As forças que produzem aceleração positiva na direção radial são

$$\begin{aligned}
 P \times R \times ADEL + A(J-1) \times (R - RDEL/2) \times ADEL \times ZDEL + \frac{B + B(J-1)}{2} \times RDEL \times ZDEL \times ADEL \\
 - A \times (R + RDEL/2) \times ADEL \times ZDEL + (TIJ - TIJ(I-1)) \times R \times ADEL \times RDEL + \\
 (TJK - TJK(K+1)) \times RDEL \times ZDEL
 \end{aligned} \quad (4.9)$$

A massa do bloco será  $RHO \times VOLUME$ , onde  $RHO$  é a massa específica, isto é, o peso específico dividido pela aceleração da gravidade

$$Logo \text{ Massa} = RHO \times R \times ADEL \times RDEL \times ZDEL \quad (4.10)$$

Por simples analogia com a equação (4.1) a aceleração seria  $\frac{Ua - Ub}{TDEL}$ , entretanto é necessário introduzir um fator de amortecimento viscoso  $KU$ , onde  $U$  será a velocidade média durante a iteração, podendo-se considerar  $U \cong \frac{Ua + Ub}{2}$

Então:

$$\begin{aligned}
 ACELERAÇÃO &= \frac{(Ua - Ub) + (Ua + Ub) \times K/2}{TDEL} \\
 &= \frac{Ua(1 + K/2) - Ub(1 - K/2)}{TDEL}
 \end{aligned} \quad (4.11)$$

Agrupando as relações acima, de tal forma que: (4.9) = (4.10) (4.11), a Lei de Newton pode ser expressa, para a direção radial, por meio da seguinte equação:

$$\begin{aligned}
 Ua = \frac{1 - K/2}{1 + K/2} Ub + \frac{TDEL}{RHO(1 + K/2)} \left[ \frac{P + A(J-1) - A}{RDEL} - \frac{A(J-1) + B(J-1) - B}{2 \times R} + \right. \\
 \left. + \frac{TIJ - TIJ(I+1)}{ZDEL} + \frac{TJK - TJK(K+1)}{R \times RDEL} \right]
 \end{aligned} \quad (4.12)$$

4.8 – O mesmo método pode ser utilizado para escrever equações para  $V$  e  $W$ . O leitor poderá observar que  $U$ ,  $V$  e  $W$  apresentam equações diferentes, o bloco a ser analisado seguindo os princípios expostos no ítem (4.6) E podemos facilmente deduzir as relações abaixo:

$$\begin{aligned}
 Va = \frac{1 - K/2}{1 + K/2} + \frac{TDEL}{RHO(1 + K/2)} \left\{ \frac{S + B(K-1) - B}{(R + 0.5 \times RDEL) \times \frac{ADEL + ADEL(K-1)}{2}} + \frac{TJK - TJK(J+1)}{RDEL} \right. \\
 \left. - \frac{TJK + TJK(J+1)}{(2 \times R + RDEL)} + \frac{TKI - TKI(I+1)}{ZDEL} \right\}
 \end{aligned} \quad (4.13)$$



$$W_a = \frac{1 - K/2}{1 + K/2} W_b + \frac{TDEL}{RHO (1 + K/2)} \left[ \frac{Q + C(I - 1) - C}{ZDEL} + \frac{T_{IJ} - T_{IJ}(J + 1)}{RDEL} \right. \\ \left. - \frac{T_{IJ} + T_{IJ}(J + 1)}{(2 \times R + RDEL)} + \frac{TKI - TKI(K + 1)}{(R + RDEL/2) \times ADEL} \right] \quad (4.14)$$

4.9 – Agora, possuímos as equações necessárias para calcular as tensões e os deslocamentos em uma estrutura simples, composta de blocos semelhantes ao esquematizado na figura 3.1, com qualquer carregamento. Para melhor esclarecimento, apresentaremos de modo sucinto a marcha da análise:

- 1 – considerar os valores iniciais de A, B, C, T<sub>IJ</sub>, T<sub>IK</sub>, TKI, U, DU, V, DV, W e DW como zero
- 2 – aplicar a equação (4.12) em cada bloco da estrutura, determinando-se todos os valores de U. Neste primeiro passo, a única variável não nula será P. Aplicar a equação (4.2) a cada bloco, determinando-se todos os valores de DU.
- 3 – aplicar a equação (4.13) a cada bloco, determinando-se os valores de V. Aplicar a equação (4.2), determinando-se os valores de DV em cada bloco.
- 4 – aplicar a equação (4.14) a cada bloco, determinando-se os valores de W. Aplicar a equação (4.2) determinando-se os valores de DW.
- 5 – aplicar a equação (4.3) a cada bloco usando as velocidades calculadas nos itens 2, 3 e 4, para determinar os valores de A.
- 6 – aplicar a equação (4.4) a cada bloco determinando-se os valores de B.
- 7 – aplicar a equação (4.5) a cada bloco determinando-se os valores de C.
- 8 – aplicar a equação (4.6) a cada bloco determinando-se os valores de T<sub>IJ</sub>.
- 9 – aplicar a equação (4.7) a cada bloco determinando-se os valores de T<sub>JK</sub>.
- 10 – aplicar a equação (4.8) a cada bloco determinando-se os valores de TKI.

4.10 – Os dez passos acima descritos completam uma iteração e o processo retorna para o item dois, usando-se os valores obtidos para os novos cálculos. Todavia, no computador serão gravados somente os novos valores para cada parâmetro. Quando um número suficiente de iterações for completado, as velocidades U, V e W tornar-se-ão muito pequenas e os valores das tensões e deslocamentos gravados na memória do computador serão os que darão a solução estática do problema.

## V – CONDIÇÕES DE CONTORNO

5.1 – As equações acima devem ser modificadas para satisfazer as condições de contorno.

Existem dois casos especiais:

- a) a tensão de cisalhamento em um contorno ortogonal deverá ser nula

b) o bloco em que a lei de Newton será aplicada poderá ser somente meio bloco; desse modo sua massa será reduzida à metade

Um exemplo de bloco com um contorno ortogonal na sua face superior é mostrado na figura 5.1, abaixo:

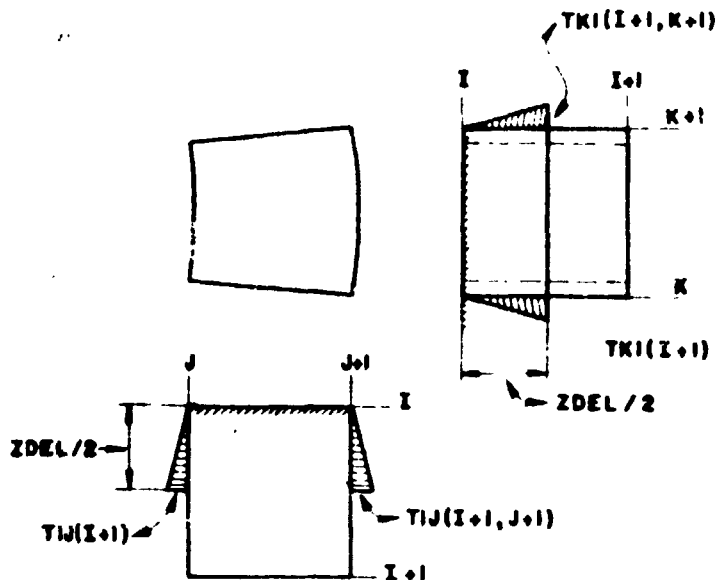


Figura 5.1

5.2 – Em casos como esse, a tensão de cisalhamento no contorno deve ser nula e as tensões dos blocos adjacentes  $TIJ(I+1)$ ,  $TIJ(I+1, J+1)$ ,  $TKI(I+1)$  e  $TKI(I+1, K+1)$  já foram calculadas. Conforme foi exposto em 3.4 elas são tratadas como constantes entre os pontos médios das faces. Isto é, entre os planos  $I + ZDEL/2$  e  $(I+1) - ZDEL/2$ . Isto posto, pode considerar, como razoável que essas tensões, nos meio-blocos de contorno variem linearmente conforme mostra a figura 5.1.

5.3 – As equações resultantes desta hipótese encontram-se no Apêndice A no código dois.  $TIJ$  e  $TKI$  são nulas, de acordo com o exposto acima. Deduziu-se uma equação especial para o cálculo de  $W$ . Essa relação pode ser verificada de modo simples. Todas as outras equações, neste caso, são iguais às referentes ao bloco normal.

5.4 – Conforme mostra a figura 3.1, os deslocamentos são sempre calculados do lado esquerdo e superior do bloco. Todavia, em uma estrutura qualquer, será sempre necessário determinar os deslocamentos nos contornos inferior e lateral direito. Com essa finalidade, introduzimos uma fileira de blocos abaixo do contorno inferior e uma coluna à direita do contorno lateral direito. Esses casos podem ser facilmente visualizados no Apêndice A para os casos de número três e quatro. A maneira como se determinou as relações relativas a estes casos é análoga às anteriores.

3.5 – Poderá ser visto, no Apêndice A que foram de fato incluídos no programa cerca de 100 blocos especiais de contorno; a cada um deles foi atribuído um número de código. Antes da estrutura ser analisada ele deverá ser dividida em blocos, de tal forma que a malha acompanhe, o mais aproximadamente possível, os contornos geométricos. Os códigos devem ser definidos para todos os blocos, de modo a satisfazer todas as condições de contorno. Se novos códigos forem necessários, as equações poderão ser facilmente escritas e acrescentadas ao programa. Este "array" KODE é fornecido ao computador e este poderá escolher as devidas equações pelo uso de "GO TO" computados, controlados por KODE.

5.6 – O código 10, no Apêndice A é um bloco nulo, isto é, todos os parâmetros são nulos. Ele pode, entretanto, ser utilizado para representar cavidades na estrutura e também ser utilizado para representar pontos da estrutura que não se podem mover, ou seja, os apoios externos.

5.7 – Cantos reentrantes ocorrem com muita frequência, surgindo a necessidade de avaliar-se as tensões de cisalhamento nestes casos. A concentração de tensões causa um acréscimo brusco na tensão de cisalhamento na região próxima ao canto. Considerou-se, entretanto que essa tensão terá um valor constante ao longo das linhas da malha interna ao canto e nulo ao longo dos contornos externos, conforme mostra a figura 5.2.

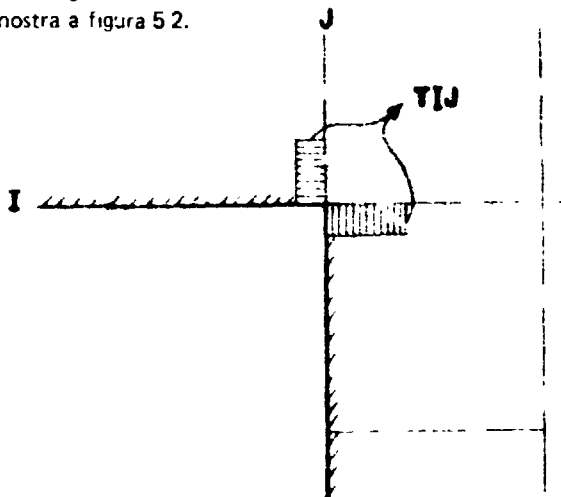


Figura 5.2

5.8 – O próximo passo é avaliar  $TIJ$  e, para isso, podemos calcular a deformação angular de modo usual. Necessitamos, entretanto, determinar o valor de  $\mu$  (ver parágrafo 3.7) para um bloco que tenha um quadrante removido. Esse caso foi analisado exaustivamente e concluiu-se que esse parâmetro varia de vinte a setenta e cinco por cento do valor de  $\mu$  para o material, dependendo basicamente das condições de carregamento. Adotou-se um valor médio de  $0,3\mu$ , como pode ser verificado no código 15 Apêndice A

## VI – FISSURAS

6.1 – A grande vantagem do método da relaxação dinâmica é, sem dúvida alguma, a possibilidade de se analisar, sem grandes dificuldades, o desenvolvimento das fissuras com o aumento das cargas a que for submetida a estrutura. A análise da estrutura, até a condição de fissuração é baseada nos princípios expostos a seguir. É conveniente e suficientemente preciso admitir que as fissuras se desenvolvem ao longo dos blocos, terminando sempre no canto de um bloco. A figura 6.1 mostra uma fissura típica. A seguir introduziremos novas condições de contorno, conforme se pode observar:

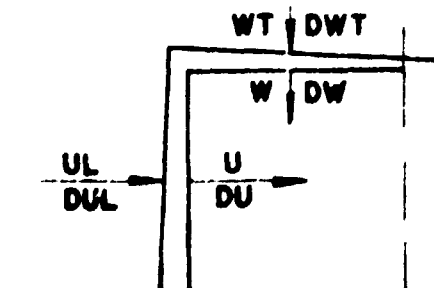


Figura 6.1

As velocidades e deslocamentos usuais, U, DU, W, DW são considerados no lado da fissura mais próximo ao bloco. Velocidades e deslocamentos especiais UL, DUL, WT, DWT são introduzidos para o outro lado da fissura. A abertura da fissura será (DU – DUL) e (DW – DWT).

6.2 – As equações para U, UL, W e WT podem ser facilmente deduzidas pelo mesmo método exposto anteriormente, um exemplo típico pode ser visto no código 41 do apêndice A. Consideramos que a tensão de cisalhamento, TIJ, agindo no canto da fissura, é desprezível. O parâmetro TIJ, referente a este bloco, estará agindo no canto reentrante e será tratado de acordo com o exposto nos parágrafos 5.7 e 5.8. Serão necessárias equações especiais para o outro lado da fissura e junto ao fim da fissura. Ver por exemplo no apêndice A, os códigos número 35, 36, 37 e 38.

6.3 – Com a finalidade de determinar uma abertura compatível da fissura é desnecessário examinar as tensões calculadas além do fim da fissura, pois na presença da singularidade, a tensão será teoricamente infinita. Além do mais, o material nessa região não estará se comportando de acordo com a hipótese elástica linear. Considerou-se mais seguro adotar um conceito de fratura mecânica que será a medida da rotação angular no final da fissura. Pelo fato de termos assumido (parágrafo 6.1) que a fissura terminará sempre em um canto do bloco, pode-se obter uma medida desse ângulo observando a abertura aparente da fissura numa distância de meia malha do término da fissura. Essa grandeza é chamada de abertura aparente porque é baseada em propriedades elásticas lineares, que para o caso se torna incorreto.

6.4 – Ensaios em modelos de concreto de alta resistência com agregado de 3/8", tem mostrado que se o ângulo aparente for maior do que um miliradiano a fissura é real, ou seja  $(DW - DWT) \leq \frac{RDEL}{2} \times 10^{-3}$ . Se a fissura já se estendeu para o próximo bloco devemos ter:

$$DW - DWT \geq 1.5 \times RDEL \times 10^{-3}$$

Com a finalidade de obter-se maior aproximação, pode-se afirmar que se  $(DW - DWT) \geq 1.3 \times RDEL \times 10^{-3}$ , a fissura pode ser estendida ao longo de um bloco. Um procedimento analogo será válido para fissuras em outros planos.

6.5 – Após ocorrerem 60% do total das iterações, a abertura da fissura estará próxima do valor dado pela solução final e podemos fazer com que o computador aplique o critério acima descrito. Se a abertura for maior, o computador trocará automaticamente os códigos para que a fissura se estenda por mais um bloco. Depois de mais algumas iterações, o novo ponto de estabilização será examinado e estendido, caso for necessário. Desse modo, as fissuras irão se estender por um comprimento compatível, em uma corrida, sem perda de tempo de computador.

6.6 – O controle da direção das fissuras será feito pelo projetista, independentemente do programa, após cada passagem. O critério para se verificar esse caminhamento é o seguinte:

h<sub>i</sub> – largura da fissura vertical em um determinado bloco.

v<sub>i</sub> – largura da fissura horizontal em um determinado bloco.

Considerando se a fissura em zig-zag da figura 6.2.:

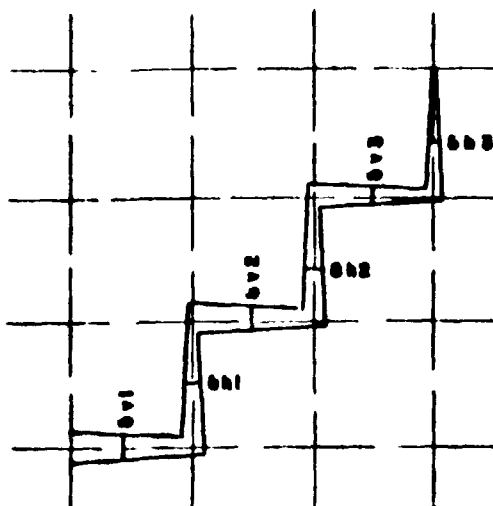


Figura 6.2

Seendo  $\Theta_i$  o ângulo que define a direção da fissura em determinado ponto, figura 6.3.

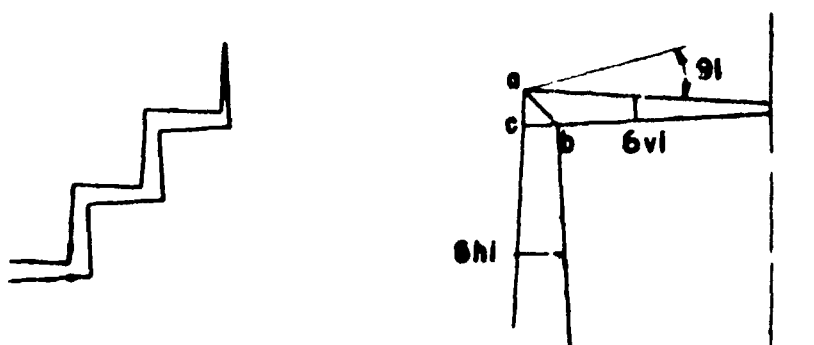


Figura 6.3

Podemos dizer que:

$$\Theta_i = \text{câb}$$

$$\text{tag } \Theta_i = \text{tag câb}$$

Logo,

$$\text{tag } \Theta_i = \frac{h_i}{v_i}$$

Devemos também levar em conta que os lados das fissuras não são paralelos.

$$\text{tag } \Theta_i = 0,9 \frac{\delta h_i}{\delta v_i}$$

6.7 – Esse conceito pode ser estendido para uma fissura completa; o ângulo  $\Theta$  indicará a direção média da fissura e V e H as diferenças de coordenadas verticais e horizontais, do início ao fim. Dessa forma:

$$\text{Tg } \Theta \cong \frac{V}{H}$$

$$\text{Tg } \Theta \cong \frac{\sum h_i}{\sum v_i}$$

$$\therefore \frac{V}{H} = 0,9 \frac{\sum h_i}{\sum v_i}$$

6.8 – Após cada corrida do computador, o projetista poderá verificar as direções das fissuras por meio desta fórmula e corrigi-las para a próxima corrida. No caso de uma certa corrida apresentar erro, não haverá necessidade de refazê-la, pois, esta direção não é matematicamente exata e o próprio comportamento estrutural admite vários caminhos de fissura.

6.9 – Conforme o leitor pode observar, o método de relaxação dinâmica analisa, com simplicidade, o desenvolvimento de fissuras, pois para tanto basta introduzir-se novas condições de contorno, com suas respectivas equações, não havendo necessidade de se alterar a resolução global do sistema de equações. Contrariamente, em outros métodos, a introdução de novas condições de contorno leva a grandes dificuldades. Por exemplo, no método dos elementos finitos, a análise de uma fissura leva à reformulação total da matriz de rigidez da estrutura.

## VII – PLANOS RADIAIS DE SIMETRIA

7.1 – A estrutura analisada será sempre considerada entre dois planos radiais de simetria. Em um vaso com várias cavidades sempre existem esses planos radiais de simetria. A figura (7.1) mostra o modelo GA SK 232 do reator GCFR de 300 MW(e), modelo este que está sendo projetado pelo IEA. Como o leitor pode observar, o desenho é composto de duas partes justapostas; a parte direita é que corresponde à fração da estrutura que será analisada por nosso modelo matemático. Esta região encontra-se entre dois planos radiais de simetria. Os planos radiais de simetria corresponderão a  $K = 1$  e  $K = N + 1$ , sendo N o número de fatias do nosso modelo, (no caso  $N = 8$ ).

7.2 – Nesses planos radiais de simetria pode-se observar o seguinte:

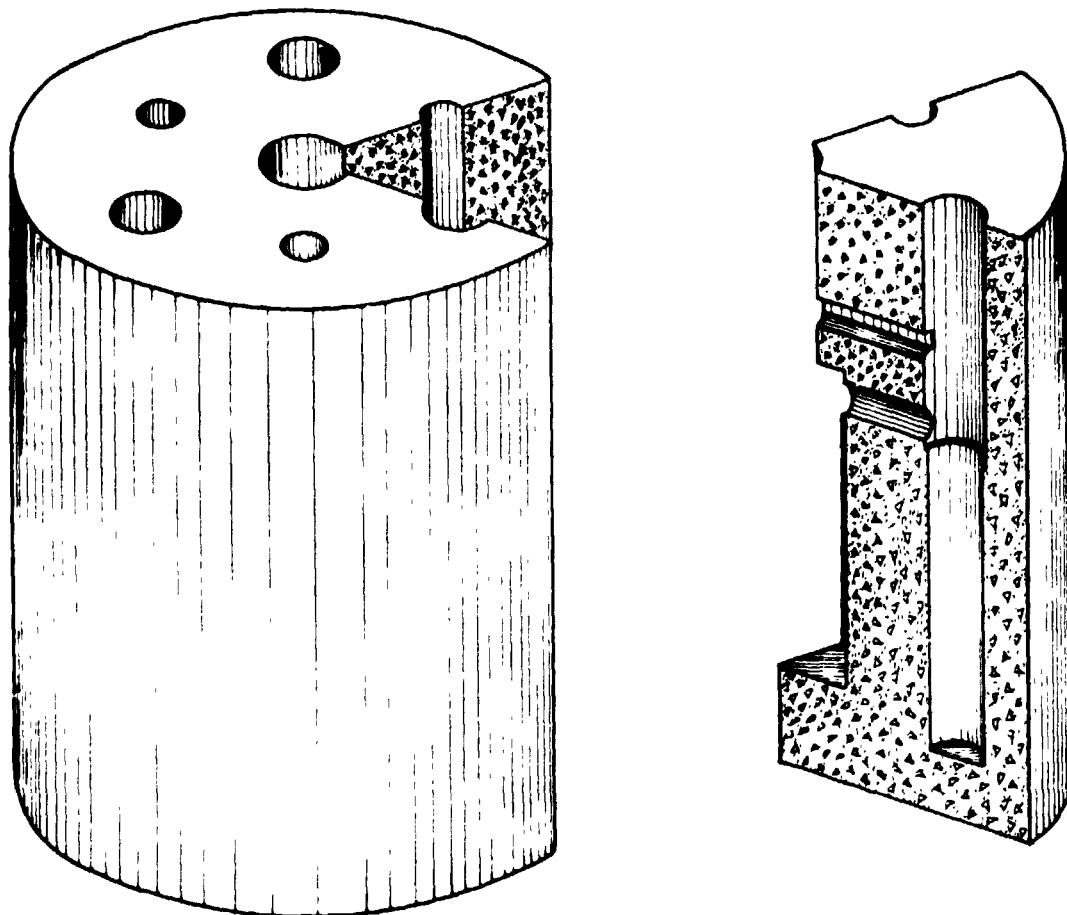
- a) por motivos de compatibilidade eles não podem se mover ao longo da direção tangencial  $V = 0$  (em todos eles).
- b) o ponto de intersecção (eixo central) não poderá se mover no plano horizontal logo  $U = 0$  em  $J = 1$ , para todos os setores; a menos que exista uma fissura na direção radial, dirigindo-se para esse eixo, conforme será explicado mais adiante.
- c) nesses planos, por motivos de simetria, devem ser:  $T_{JK} = 0$  e  $T_{K1} = 0$
- d) em conseqüência, no eixo central  $T_{JK} = 0$  e  $T_{1J} = 0$ . Nesse eixo,  $TK1$ , poderá ser diferente de zero, porque segundo as equações de diferenças ele é calculado a partir da metade do bloco anterior. Apesar disso, essa tensão terá valor desprezível.

7.3 – Com as observações a, b, c, e d, podemos deduzir equações convenientes para os planos radiais de simetria e para o eixo polar. Observe-se que quando estamos calculando A, B, C, U e V no

setor  $K = KM$ , necessitaremos os valores de  $V$ ,  $TJK$  e  $TKI$  no setor  $K = KM - 1$ , apesar de serem nulos. Por isso, o comando "Dimension" do programa prevê as grandezas  $V$ ,  $TJK$ , e  $TKI$  para  $K = KM - 1$ , e as mantém com valores nulos.

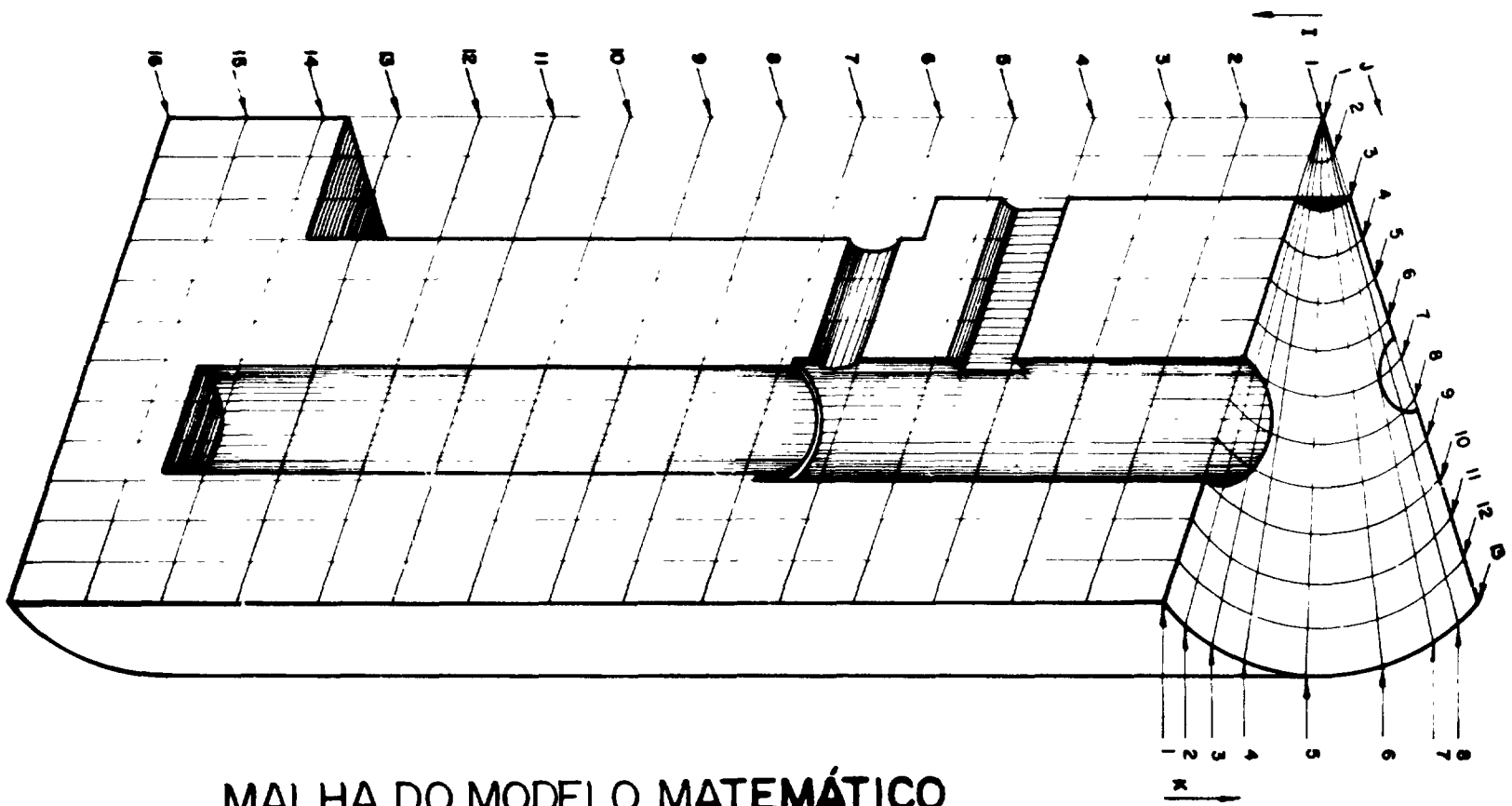
7.4 – Algumas estruturas podem também ser simétricas em relação ao equador. Nestes casos, bastará ser analisada a metade superior. O plano de corte não poderá se mover na direção vertical, como também não haverá tensão de cisalhamento agindo sobre eles. Esses fatos podem ser simulados por uma fila de códigos número dez (10), colocados abaixo do equador. Caso ocorra uma fissura ao longo desse plano, na região fissurada devemos mudar os códigos de número dez (10) para número quatro (4). A abertura da fissura será igual ao dobro do deslocamento desses blocos.

MODELO - GA. SK232/5



REGIÃO ADOTADA PARA ANÁLISE MATEMÁTICA

Figura 7.1



MALHA DO MODELO MATEMÁTICO

Figura 7.2



## VIII – CONVERGÊNCIA

8.1 – O valor do intervalo de tempo pode ser avaliado pelo emprego da fórmula:

$$TDEL \leq \sqrt{\frac{RHO}{(\lambda + 2\mu)} \left/ \left[ \frac{1}{RDEL^2} + \frac{1}{ZDEL^2} + \frac{1}{(R + RDEL/2) \times ADEL^2} \right] \right.} \quad (8.1)$$

onde  $\lambda$  e  $\mu$  são as constantes de Lamé. Entretanto, surge uma dificuldade ao se notar que R (raio do bloco em consideração) aparece na expressão acima. Deste modo, TDEL deve ser escolhido para satisfazer o menor valor de R, que é zero no eixo polar. E então, TDEL será desnecessariamente pequeno para blocos com grande raio. Uma solução simples e eficiente é usar uma densidade fictícia na direção circunferencial, a qual varia inversamente com  $[(R + RDEL/2) \times ADEL]^2$ .

8.2 – Isto significa que a constante G3, a ser usada para o cálculo de V, deverá ser multiplicada por  $[(R + RDEL/2) \times ADEL]^2$ . Se assim procedermos, a expressão para o cálculo de TDEL torna-se:

$$TDEL \leq \sqrt{\frac{RHO}{(\lambda - 2\mu)} \left/ \left( \frac{1}{RDEL^2} + \frac{1}{ZDEL^2} + 1 \right) \right.} \quad (8.2)$$

Observe-se que no programa cuja listagem apresentamos no capítulo X, foi utilizada uma densidade fictícia mais simples, que faz o intervalo circunferencial igual a RDEL.

8.3 – A fórmula apresentada no item (8.2) poderá trazer instabilidade na solução, quando a estrutura estiver consideravelmente fissurada, ou quando nela existirem várias cavidades. Tal fato, decorre de certas oscilações parasitas que surgem em certas regiões da estrutura, as quais possuem mais mobilidade do que o resto. Em tais casos, é aconselhável reduzir o intervalo de tempo em torno de 30% e, nas outras corridas, aumentar gradativamente, se tudo estiver correto.

8.4 – A segunda constante de relaxação é o valor do amortecimento que poderá ser em torno de 80% do crítico. Em uma estrutura simples, o amortecimento crítico pode ser obtido diretamente de sua frequência fundamental. Entretanto, as estruturas com várias cavidades ou extensivamente fissuradas, não apresentam nenhum amortecimento crítico. E, nestes casos, a melhor opção é começar com DAMP = 0,03 e ajustá-lo nas corridas subsequentes.

8.5 – A constante final de relaxação é o número de iterações necessário para a convergência. Para os casos simples, observou-se que 12/DAMP é suficiente. Os critérios seguintes são utilizados com a finalidade de confirmar se as constantes de relaxação foram bem escolhidas ou não. Se TDEL for muito grande irá ocorrer instabilidade durante a convergência e o computador interromperá o processamento, fornecendo o número de iterações e local da instabilidade. O número código do local da instabilidade poderá ser verificado, e se tudo estiver correto, o programa deverá ser reprocessado com TDEL, reduzido de 20%. A escolha do DAMP e o número de iterações serão verificados por um gráfico de velocidades, selecionadas durante a convergência.

8.6 – Para o gráfico de velocidades escolhemos dois blocos distantes dos pontos fixos, onde as velocidades deverão ser as máximas. Durante a convergência, em intervalos de tempo regulares, a impressora registrará a velocidade horizontal do primeiro bloco e a vertical do segundo. Se o gráfico mostrar um bom aspecto e se as velocidades finais forem pequenas, teremos atingido a convergência com economia de tempo de computador. Os valores muito elevados de DAMP apresentam pontos ligeiramente assintóticos e os valores muito pequenos apresentam uma série contínua de oscilações.

8.7 – Para uma verificação final no processo de convergência todas as velocidades remanescentes são impressas. Se uma estrutura de concreto for analisada nas unidades - polegada, libra e segundo, com velocidades remanescentes não ultrapassando meia polegada por segundo, teremos uma solução com bom grau de precisão, com erros nas tensões geralmente menores do que cinco por cento. A impressão final das velocidades é útil para detectar instabilidades que deverão ser localizadas conforme já se mencionou. A alternância de sinal, ou de valores pequenos e grandes, em linhas ou colunas consecutivas, é um indicador sensível de pequenas instabilidades. Uma forma particularmente forte de instabilidade é ocasionada por ondas de cisalhamento, no plano horizontal ou tangencial, ocorrendo no eixo polar ou em regiões vizinhas. Entretanto, nessas regiões, essas tensões são muito pequenas, e a melhor maneira de se eliminar essa inconveniência é manter nulas essas tensões. Isso pode ser facilmente feito, colocando-se os limites do "DO LOOP" dessas tensões como  $J = 3JM$ .

8.8 – Conforme já foi mencionado, os cálculos devem começar de "array" de tensões e deslocamentos nulos; todavia qualquer conjunto compatível é viável. Quando um carregamento parcial for aplicado, certamente iremos economizar tempo de computador se começarmos a partir de valores convergidos na corrida precedente. Desse modo, os "arrays" DU, DUL, DV, DW, DWT, A, B, C, TIJ, TJK, TKI são gravados em uma fita ao fim de cada corrida. Também os "arrays" P, Q, S e KODE são gravados, e assim, qualquer variação nesses "arrays", produzida pelo caminhamento das fissuras etc . . . , poderá ser corretamente colocada na próxima corrida. O uso de fita faz também que as dificuldades citadas no ítem 8.4 sejam contornadas mais facilmente. O gráfico de velocidades de uma corrida com má convergência, mostra que são necessárias modificações. E, partindo-se dos valores anteriores, com as constantes melhoradas, conseguiremos uma boa convergência com pequeno número de iterações.

**IX – EQUAÇÕES REFERENTES A ALGUNS BLOCOS**

Este tópico tem por finalidade deduzir as equações referentes a diversos tipos de contorno, com a finalidade de capacitar o leitor a deduzir suas próprias equações conforme as necessidades.

**9.1 – Fissuras**

Deduziremos, a seguir, as equações referentes a um bloco com fissura, observando-se que outros casos poderão ser deduzidos de maneira análoga.

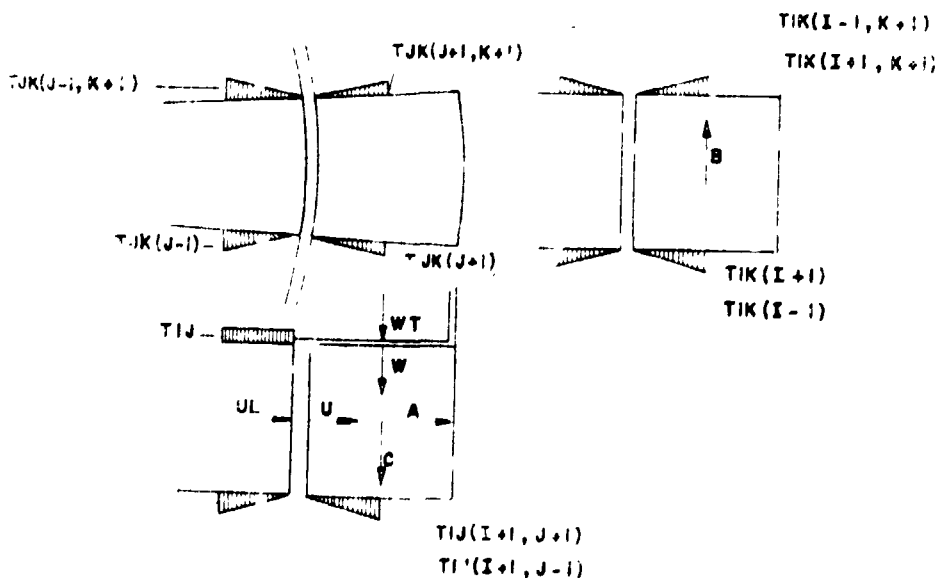


Figura 9.1

As equações que relacionam as tensões normais com os deslocamentos serão idênticas as equações correspondentes relativas ao bloco normal, visto que as grandezas que compõem essas equações mantêm-se inalteradas. Assim:

$A_a = \text{Normal (idêntica ao bloco normal)}$

$B_a = \text{Normal}$

$C_a = \text{Normal}$

Quanto às tensões de cisalhamento devemos ter:

$$T_{IJa} = T_{IJb} + 0,3 \times G5 \left[ \frac{U(I-1) - UL}{\Delta Z} + \frac{W(J-1) - W}{\Delta R} \right]$$

O fator 0,3 aparece devido ao fato de se tratar de um canto reentrante.

$T_{JK} = 0$

$T_{KI} = 0$

Embora já existam tensões em pontos onde deveriam atuar essas tensões, elas não se referem ao bloco (I,J,K), mas sim a outros blocos, por exemplo,  $T_{IK}(I+1)$ .

Para as equações de equilíbrio deveremos considerar:

- Na direção tangencial teremos as mesmas grandezas que participam do bloco normal, logo,  $V_a = \text{Normal}$ .
- Pelo fato de haver uma fissura em zig-zag, ao longo do bloco, para defini-la em termos computacionais teremos que introduzir as grandezas  $UL$  e  $WT$ , com  $DUL$  e  $DWT$  conforme o ítem 6.1.
- Na figura seguinte, a parte hachureada indica o bloco cujo equilíbrio fornecerá uma relação para  $UL$ .

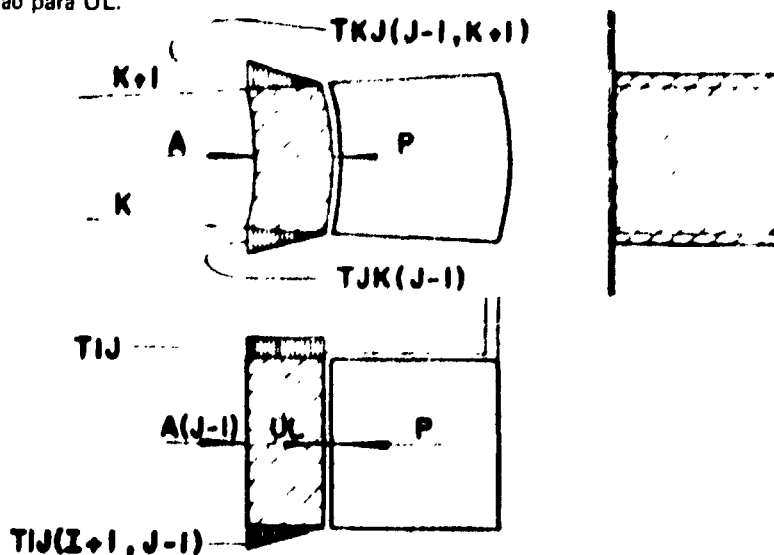


Figura 9.2

A equação de equilíbrio horizontal, conforme o leitor poderá facilmente deduzir, será:

$$U_{La} = U_{Lb} \times G1 \times G2 + 2 \times G1 \times G3 \left[ \frac{A(J-1) - P}{\Delta R} - \frac{A(J-1) - B(J-1)}{2 \times R} + \frac{2 \times T_{IJ}(I+1) - T_{IJ}(I+1, J-1)}{4 \times ZDEL} + \frac{T_{JK}(J-1) - T_{JK}(J-1, K+1)}{4 \times R \times \Delta R} \right]$$

Para relacionar a velocidade U com as tensões deveremos considerar o bloco seguinte:

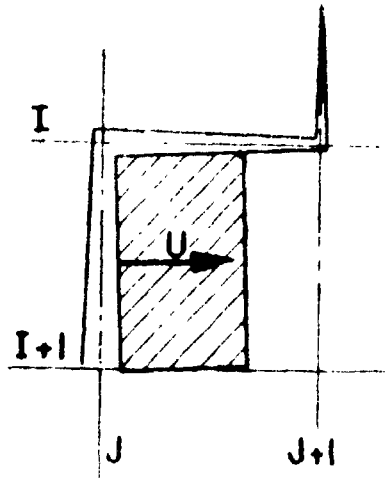


Figura 9.3

A equação de equilíbrio horizontal relativa a esse bloco será:

$$U_a = U_b \times G1 \times G2 + 2 \times G1 \times G3 \left[ \frac{P-A}{\Delta Z} - \frac{A-B}{2 \times R} - \frac{T_{IJ}(I+1, J+1)}{4 \times \Delta Z} + \frac{T_{JK}(J+1) - T_{JK}(J+1, K+1)}{4 \times R \times \Delta R} \right]$$

De modo análogo, podemos chegar às duas equações de equilíbrio na direção vertical que irão relacionar W e WT com os esforços que agem na direção vertical. É importante ressaltar que para WT se deve considerar o meio bloco acima da fissura horizontal, e para W o meio bloco abaixo desta. Estas relações são:

$$W_a = G1 \times G2 \times W_b + 2 \times G1 \times G3 \times \left[ \frac{Q-C}{\Delta Z} - \frac{T_{IJ}(J+1) \times (R + \Delta R)}{2 \times \Delta R \times (R + \frac{\Delta R}{2})} + \frac{T_{KI}(I+1) - T_{KI}(I+1, K+1)}{4 \times (R + \frac{\Delta R}{2}) \times \Delta \theta} \right]$$

$$W_{Ta} = G_1 \times G_2 \times W_{Tb} + 2 \times G_1 \times G_3 \left[ \frac{C(I-1) - Q}{\Delta Z} + \frac{R \times T_{IJ}}{R \times \Delta R (R + \frac{\Delta R}{2})} \right. \\ \left. + \frac{T_{KI}(I-1) - T_{KI}(I-1, K+1)}{4 \times (R + \frac{\Delta R}{2}) \times \Delta \theta} \right]$$

**9.2 – Contornos Geométricos**

Neste item iremos tratar de alguns contornos geometricos que são encontrados com muita frequência ao se traçar a malha de um vaso com multicavidades. Apresentaremos somente as equações que apresentam um certo grau de complexidade

Dessa maneira, temos:

**1) W para contorno horizontal inferior**

O caso que apresentamos pode ser visualizado na figura

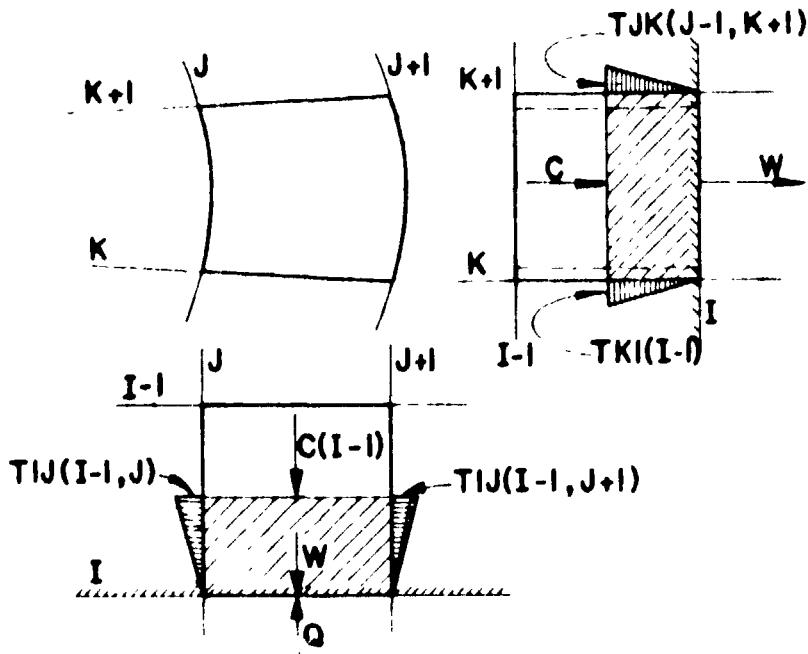


Figura 9.4

Considerando-se o equilíbrio vertical do meio bloco hachureado da figura podemos chegar facilmente à relação

$$W_a = G_1 \times G_2 \times W_b + 2 \times G_1 \times G_3 \times \left[ \frac{C(I-1) - Q}{\Delta Z} + \frac{T_{IJ}(I-1) - T_{IJ}(I-1, J+1)}{4 \times R} \right]$$

$$- \frac{T_{IJ}(I-1) + T_{IJ}(I-1, J+1)}{8(R + \frac{\Delta R}{2})} + \frac{TKI(I-1) - TKI(I-1, K+1)}{4(R + \frac{R}{2})} ]$$

2) Cavidades ou Fissuras Radiais

Para se considerar as cavidades ou as fissuras radiais, consideraremos dois tipos de contorno, a saber:

- Parede à direita do observador que será indicada por L. D.
- Parede à esquerda do observador que será indicada por L. E.

Nos dois casos, o observador se encontra em uma posição radial em relação ao vaso, no sentido de fora para dentro.

a) Cálculo de V para parede do L. D.

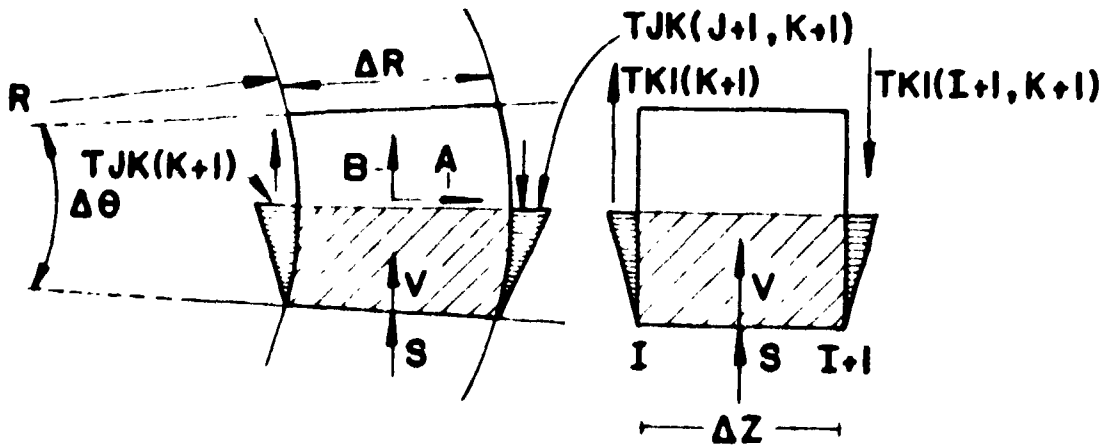


Figura 9.5

Os esforços que agem no bloco em questões são:

Esforços tangenciais =  $(S - B) \Delta R \Delta Z + T_{JK}(K+1) \times \frac{R \cdot \Delta \theta \cdot \Delta Z}{4} - T_{JK}(J+1, K+1) \times$

$$\times \frac{(R + \Delta R) \Delta \theta \cdot \Delta Z}{4} + [TKI(K+1) - TKI(I+1, K+1)] \times \frac{(R + \frac{\Delta R}{2}) \Delta \theta \cdot \Delta R}{4}$$

Esses esforços, colocados na condição de equilíbrio dinâmico, fornece a relação:

$$V_a = G_1 \times G_2 \times V_b + G_1 \times G_3 \times \left[ \frac{S - B}{(R + \frac{\Delta R}{2}) \Delta \theta} + \frac{TJK(K+1) - TJK(J+1, K+1)}{4 \Delta R} \right. \\ \left. - \frac{TJK(K+1) + TJK(J+1, K+1)}{8 (R + \frac{\Delta R}{2})} + \frac{TKI(K+1) - TKI(I+1, K+1)}{4 \Delta Z} \right]$$

b) Cálculo de V para parede do L. E.

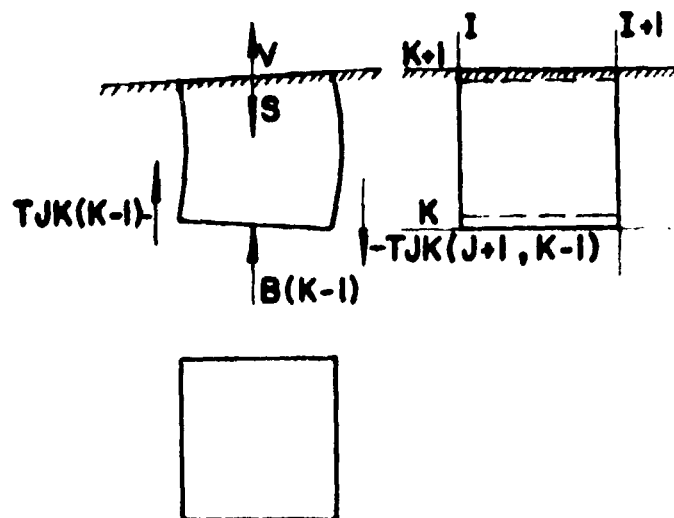


Figura 9.6

Considerando-se os esforços que agem no bloco, a equação de equilíbrio dinâmico desse bloco será:

$$V_a = G_1 \times G_2 \times V_b + G_1 \times G_3 \left[ \frac{B(K-1) + S}{(R + \frac{\Delta R}{2}) \Delta \theta} + \frac{TJK(K-1) - TJK(J+1, K+1)}{4 \times \Delta R} \right. \\ \left. - \frac{TJK(K-1) + TJK(J+1, K-1)}{8 (R + \frac{\Delta R}{2})} + \frac{TKI(K-1) - TKI(I+1, K-1)}{4 \Delta Z} \right]$$

X – O PROGRAMA DO COMPUTADOR

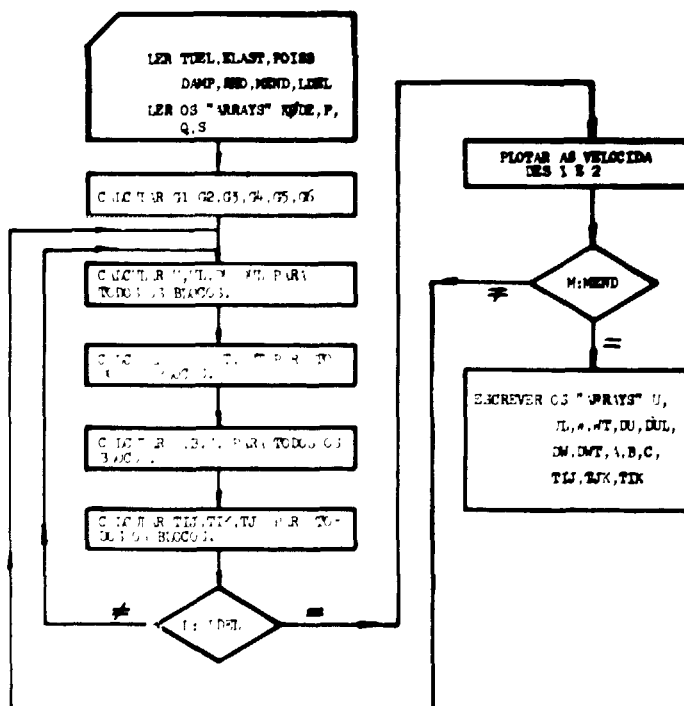
10.1 – Introdução

Neste capítulo, faremos uma apreciação geral sobre o P.V.3 (programa desenvolvido pelo I.E.A para o cálculo de estruturas tridimensionais) Apresentaremos sua listagem, ressaltando as passagens mais importantes.

De modo geral, pode-se afirmar que o programa é simples, e para sua utilização é necessário somente conhecimentos básicos de programação FORTRAN. As iterações ocorrem em um ninho de DO Loops. Logo, dentro desses Loops haverá DOs calculando as tensões em função das velocidades e o cálculo das velocidades em função das tensões. A forma mais eficiente de selecionar uma certa equação, para um determinado código, é indubitavelmente o "GO TO computado" que será controlado pelo "array" KODE.

Como o dimensionamento de um P.C.R.V. (Prestressed Concrete Reactor Vessel), exige que a estrutura seja estudada sob diversas condições de carregamento, (por exemplo, os que constam do "A.S.M.E." Code Section III, Division 2), nosso problema pode ser perfeitamente assemelhado a uma solução "step by step". Reforçando esse fato, quando se analisa uma estrutura em regime de fissuras estabilizadas, para que se obtenha resultados condizentes com a realidade, a solução "step by step", torna-se imprescindível. Nos cálculos de computação, a utilização de uma fita para gravação dos valores finais de um certo passo, que servirão como valores iniciais para o próximo passo, é conveniente. Dessa forma, estaremos economizando tempo de computador, pois o campo de variação dos valores dentro de um determinado passo será relativamente pequeno e por conseguinte, apenas um pequeno número de iterações será necessário para a convergência. E além disso, o uso da fita possibilita a obtenção de um arquivo com todos os dados que interessam a análise. Esse arquivo de manipulação muito simples, possibilita, inclusive, ao engenheiro retomar a análise a partir de uma certa corrida, escrevendo os novos valores no lugar dos que se tornaram inúteis.

A título de ilustração apresentamos um diagrama esquemático de blocos de computador.





A seguir, apresentamos uma listagem completa do P. V. 3 sobre a qual iremos ter alguns comentários a título de ilustração. O programa é composto basicamente de um sub-programa central e da subrotina MATPRT cuja função é imprimir os "arrays" em forma de matriz.

## 10.2 – Definição dos "arrays" necessários

O segundo comando não executável é um DIMENSION. Alguns dos "arrays" que ainda não foram apresentados nesse trabalho, serão mostrados agora:

OEXT(J,K) -- Define os blocos em que existirão carregamento de protensão vertical, ele é definido somente por (I - 1) e será utilizado para variar a força de protensão vertical, conforme a estrutura se deforma.

S(I,J,K) – Carregamento na direção tangencial.

P(I,J,K) – Carregamento na direção radial.

KODE(I,J,K) – Define o "array" de códigos que será função da configuração geométrica da estrutura e de seu estado de fissuração.

ERATIO(I,J,K) – Define a relação entre dois módulos de elasticidade e será utilizada nas regiões em que houver variação de propriedades mecânicas dos materiais. Nos blocos não preenchidos completamente por material, essa relação, no segundo caso, será definida pela proporção de volume preenchido por material.

ASTEEL(I,J,K) -- Define a porcentagem de armadura frouxa de um determinado bloco; será utilizado para a variação esforço proveniente dessas barras

NON(I,J,K) – Esse "array" tem por finalidade contar o número de iterações para variar os esforços (protensão e armadura frouxa) e o desenvolvimento das fissuras, de forma espaçada e ordenada. A variação desses valores em cada iteração é desnecessária.

ADEL(K) – Define o ângulo de abertura das fatias. Nas relações anteriores era definido por  $\Delta\Theta$

LINE(L21) e SIMBOL(6) – São "arrays" que irão colaborar na confecção do gráfico de velocidades.

IM, JM e KM – Máximos valores de I, J e K, respectivamente.

## 10.3 – Valores iniciais

Os valores iniciais serão colocados sob a forma de cartões, que vão do comando ISN 0010 ao comando ISN 0509. Pelo fato dessa listagem ser referente à primeira corrida da análise, o leitor poderá observar que no comando ISN 1012, estaremos gravando na fita os valores dos arrays DU, DUL, DWT, DV, A, B, C, TIJ, TJK, P, Q, S, KODE, ERATIO. Caso essa corrida apresente valores satisfatórios, poderemos iniciar os diversos arrays do próximo "step" com os valores finais dessa corrida. Tal fato pode ser observado com um simples comando do tipo: READ(11)DU, DUL, DWT, V, DV, A, B, C, TIJ, TJK, TKI, P, Q, S, KODE, ERATIO.

Dessa forma, poderemos eliminar algumas centenas de cartões, tornando o programa mais compacto e eficiente.

O "array" KODE(I,J,K) é introduzido por meio de uma longa série de comando que vai desde ISN 0073 até ISN 0420.

Esses valores de KODE dependerão da configuração geométrica da estrutura. E para que o leitor tenha conhecimento de como eles foram definidos, o Apêndice A apresenta os 96 códigos diferentes que constam dessa listagem, com suas respectivas equações. O leitor, ao utilizar esse programa, poderá lançar mão desses códigos, ou até mesmo definir alguns outros que possam satisfazer completamente suas necessidades.

As constantes que figuram nos dados de entrada estão colocadas nas unidades: polegada, libra, segundo e radiano. E foram definidas de tal forma a representar:

TDEL – Intervalo de tempo entre duas interações.

ELAST – Módulo de elasticidade do concreto.

POISS – Coeficiente de Poisson.

DAMP – Coeficiente de amortecimento.

RHO – Massa específica do concreto.

IG1, JG1, KG1 – Os valores de I,J,K, de um dos dois blocos que serão utilizados no registrador gráfico.

IG2, JG2, KG2 – Os valores respectivos de I,J,K, de um dos dois blocos que serão utilizados no registrador.

MEND – Número de vezes que serão registradas as velocidades.

LDEL – Número de iterações entre um registro e outro. Evidentemente, o número total de iterações será LDEL x MEND.

PINT – Pressão interna agindo no vaso, variável com as condições de carregamento.

As demais constantes G1, G2, G3, G4, G5, G6 e G7 serão definidas conforme suas expressões algébricas.

#### 10.4 – Equações do processo iterativo

Conforme foi exposto anteriormente as equações que compõem o processo iterativo estão aninhadas em "DOs Loops" que varrem toda a estrutura.

10.4.1 – O primeiro desses "DO Loops" é o correspondente às equações das velocidades radiais; ele está incluído entre o comando ISN 0536 e o comando ISN 0618. Observe o seguinte:

- a) As equações convenientes são devidamente selecionadas por um GO TO computado.
- b) Os blocos com fissura vertical têm duas equações, uma para  $U(I,J,K)$  e outra para  $UL(I,J,K)$ . Os blocos que não têm fissura vertical não precisam de nenhuma equação de  $UL(I,J,K)$ , visto que basta manter o valor inicial  $UL(I,J,K)$ .
- c) A equação referente ao código nº 3 deveria vir precedida de algumas expressões lógicas que fizessem variar a força de protensão perimetral. Entretanto, essa variação só é

necessária quando a estrutura apresenta grandes deslocamentos (no estado de fissuras estabilizadas) E como nesse "step" (PINT = 0) os deslocamentos são pequenos, e a estrutura ainda não é fissurada, não existe necessidade de se fazer esse controle.

- d) Na parte final desse DO LOOP temos as equações que calculam os deslocamentos horizontais e as que previnem contra o surgimento de fissuras negativas (impossibilidade física). Para que os deslocamentos não apresentem números excessivamente pequenos, eles são multiplicados pelo fator 1000. Posteriormente, ao se manipular esses dados, não devemos esquecer esse fato.

**10.4.2 – O segundo DO LOOP é o correspondente ao cálculo das velocidades tangenciais; ele está inserido entre os comandos ISN 0619 e ISN 684. Devemos observar o seguinte:**

- a) Nesse caso não aparecem equações especiais para fissura radial. Esse objetivo foi alcançado tendo como base o fato dos planos radiais de simetria, escolhidos como limites geométricos de nossa análise, serem o caminho natural das fissuras radiais, pois representam os pontos mais fracos da estrutura. Admitindo-se que as fissuras radiais sigam esse caminho não precisaremos introduzir novas condições de contorno, e conseqüentemente, simplificaremos as equações de velocidades na direção tangencial.
- b) Logo após o DO LOOP ocorrem dois pequenos DOs, o primeiro, por meio de expressões lógicas, seleciona equações para a variação da força tangencial. Essa variação decorre do alongamento da armadura frouxa na direção tangencial. O modo como ela é obtida poderá ser vista no Apêndice B. O segundo calcula os deslocamentos na direção tangencial e elimina a possibilidade de existência de fissuras negativas (fisicamente impossível).
- c) Observar que em ISN 0619 os limites do "DO LOOP" são  $K = 2$ , KM. Isso mantém  $V = 0$  em  $K = 1$ , como sempre acontece em um plano de simetria. Se existir uma fissura radial em  $K = 1$ , o programa passa para ISN 0686 a fim de calcular V.

**10.4.3 – O terceiro "DO LOOP" é o correspondente ao cálculo das velocidades verticais; ele está inserido entre os comandos ISN 0736 e ISN 0865. Pode-se observar que:**

- a) Analogamente ao caso (1), há equações para W e para WT quando existir fissura horizontal.
- b) As equações do código nº 2 são precedidas por uma série de IFs lógicos, cuja função é variar a força de protensão, conforme a estrutura se deforma. A forma como foram definidas essas equações poderá ser vista com pormenores no Apêndice B. A variável NON(I,J,K) obriga a que essa verificação ocorra de forma intervalada; neste caso, o intervalo entre duas verificações é de 49 iterações. Existem outros fenômenos que exigem verificações periódicas, por exemplo, a estabilidade da fissura, a força de protensão radial, os esforços provenientes das armaduras frouxas etc... Para que se faça bom uso do computador é interessante que duas dessas verificações não ocorram na mesma iteração. Essa condição é obtida com uma conveniente escolha dos diversos intervalos de verificações, sendo aconselhável, inclusive, defini-los de tal forma a serem indicados por números primos entre si.
- c) Os códigos nº 37 e 39 representam os blocos que estão próximos ao ponto de estabilização da fissura horizontal. Por esse motivo as equações referentes a estes blocos são precedidas de uma série de IFs lógicos, cuja função é controlar o ponto de estabilização da fissura, conforme os critérios expostos no capítulo VI. Como o leitor pode observar, esse controle ocorre a partir da 350ª iteração. Essa precaução foi tomada

porque o caminharmento da fissura causa grandes alterações no comportamento estrutural. Devemos verificar a estabilidade da fissura quando o processo iterativo estiver próximo do estado final de convergência. Empiricamente, acredita-se que 60% do número total de iterações (no caso 600) poderá fornecer um bom resultado. Devemos notar, também, que um espaçamento de 100 (cem) iterações é mantido antes que a fissura possa se estender novamente. Quando uma fissura nasce, devemos ter  $DWT = DW$ . Isso é muito importante, e se uma fissura for inserida manualmente, esta relação deve ser incluída

10.4.4 – Os demais "DO LOOPS" são os que calculam as tensões em função da velocidade; eles são extremamente simples, não merecendo comentários. Deve-se salientar, entretanto que no cálculo das tensões normais a definição das variáveis X, Y e Z torna o programa mais eficiente e compacto.

### 10.5 – O Registrador Gráfico de Velocidades

O registrador gráfico de velocidades está inserido entre os dois "DO LOOPS" do processo iterativo e vai do comando ISN 0973 ao comando ISN 0990. Conforme o leitor pode observar ele é de concepção muito simples e seu funcionamento é baseado no seguinte:

- a) os 121 espaços utilizados pela impressora são ajustados para velocidades entre + 6 pol/seg até - 6 pol/seg, de modo que os pontos de velocidade nula serão registrados no centro do papel.
- b) se no instante do registro, a velocidade de um dos dois blocos em estudo estiver dentro do intervalo acima, a impressora registrará o tipo correspondente ao bloco, na escala do papel. Caso a velocidade esteja fora desse intervalo, a impressora não registrará coisa alguma. Essa operação é repetida para o outro bloco.

### 10.6 – A sub-rotina MATPRT (A, INTEI, NAME)

Essa sub-rotina tem a função de imprimir os diversos "arrays" de modo ordenado, no formato de uma matriz. Ela tem as seguintes propriedades:

- a) Mediante um GO TO computado, ela seleciona o nome do "array" para o qual ela foi chamada, imprimindo aqueles anteriormente a este.
- b) Após imprimir o nome, ela passa a imprimir o "array" completo numerando as linhas e colunas. As linhas que tiverem todos seus elementos nulos, serão deixadas de lado, não havendo qualquer tipo de impressão
- c) Ao se chamar a sub-rotina, devem ser consideradas as seguintes variáveis:

A – "array" a ser tratado (Ex : U, DU, W, TIJ etc.)

INTEI – Seleciona para formato da saída, os "arrays" compostos por números inteiros ou reais. No caso de  $INTEI = 0$  o "array" será de números inteiros e  $INTEI = 1$ , o "array" será composto por números reais.

NAME – Nome do "array" a ser tratado.

Temos a ressaltar que esse resultado dos dados de saída, feito pela sub-rotina MATPRT, é de grande importância, pois ela permite que os dados de saída apareçam, de forma ordenada e dispostos de modo semelhante à configuração geométrica da estrutura. Isso facilita o trabalho do analista, ao examinar o resultado de uma determinada corrida. Além disso, prescinde o uso de registradores de gráfico especiais, muito comuns em outros tipos de análise estrutural.





ISN 0117	KODE (1, 8, 1) = 2
ISN 0118	KODE (14, 8, 1) = 07
ISN 0119	DO 010 J = 2, 13
ISN 0120	KODE (1, 7, 1) = 3
ISN 0121	KODE (1, 11, 1) = 11
ISN 0122	DO 010 J = 7, 19
ISN 0123	010 KODE (1, 9, 1) = 9
ISN 0124	DO 010 J = 9, 15
ISN 0125	011 KODE (2, 9, 1) = 9
ISN 0126	KODE (1, 11, 1) = 09
ISN 0127	DO (1, 9, 1) = 07
ISN 0128	KODE (1, 7, 1) = 7
ISN 0129	KODE (14, 8, 1) = 2
ISN 0130	KODE (16, 8, 1) = 2
ISN 0131	KODE (14, 11, 1) = 16
ISN 0132	KODE (14, 11, 1) = 12
ISN 0133	KODE (15, 11, 1) = 09
ISN 0134	KODE (4, 7, 1) = 19
ISN 0135	KODE (6, 7, 1) = 10
ISN 0136	DO 012 J = 3, 6
ISN 0137	KODE (4, 9, 2) = 32
ISN 0138	KODE (5, 9, 2) = 78
ISN 0139	KODE (6, 9, 2) = 12
ISN 0140	012 KODE (7, 9, 2) = 76
ISN 0141	KODE (8, 9, 2) = 8
ISN 0142	KODE (7, 9, 2) = 10
ISN 0143	KODE (7, 9, 2) = 3
ISN 0144	DO 013 J = 2, 13
ISN 0145	KODE (1, 7, 2) = 20
ISN 0146	KODE (1, 10, 2) = 23
ISN 0147	KODE (1, 11, 2) = 22
ISN 0148	DO 013 J = 3, 6
ISN 0149	011 KODE (1, 9, 2) = 10
ISN 0150	KODE (1, 9, 2) = 7
ISN 0151	KODE (2, 9, 2) = 4
ISN 0152	KODE (1, 11, 2) = 08
ISN 0153	KODE (4, 7, 2) = 16
ISN 0154	KODE (6, 7, 2) = 15
ISN 0155	KODE (13, 7, 2) = 22
ISN 0156	KODE (14, 7, 2) = 21
ISN 0157	DO 014 J = 4, 6
ISN 0158	KODE (1, 9, 3) = 17
ISN 0159	014 KODE (5, 9, 3) = 73
ISN 0160	DO 015 J = 5, 6
ISN 0161	KODE (6, 9, 3) = 77
ISN 0162	015 KODE (7, 9, 3) = 75
ISN 0163	DO 016 J = 2, 13
ISN 0164	KODE (1, 7, 3) = 96
ISN 0165	KODE (1, 9, 3) = 16
ISN 0166	KODE (1, 9, 3) = 10
ISN 0167	016 KODE (1, 11, 3) = 21

ISN 0168	KODE(2,7,3)=48
ISN 0169	DU 854 I=8,13
ISN 0170	854 KODE(1,6,3)=88
ISN 0171	KODE(2,9,3)=4
ISN 0172	KODE(13,7,3)=53
ISN 0173	KODE(13,5,3)=71
ISN 0174	KODE(13,10,3)=69
ISN 0175	KODE(14,7,3)=89
ISN 0176	KODE(14,8,3)=74
ISN 0177	KODE(14,9,3)=76
ISN 0178	KODE(14,10,3)=43
ISN 0179	DU 855 I=2,13
ISN 0180	855 KODE(1,7,4)=88
ISN 0181	DU 817 I=2,12
ISN 0182	KODE(1,8,4)=18
ISN 0183	KODE(1,9,4)=19
ISN 0184	817 KODE(1,10,4)=22
ISN 0185	KODE(13,8,4)=72
ISN 0186	KODE(13,7,4)=75
ISN 0187	KODE(13,10,4)=22
ISN 0188	KODE(14,8,4)=73
ISN 0189	KODE(14,9,4)=73
ISN 0190	KODE(5,4,4)=17
ISN 0191	KODE(5,4,5)=17
ISN 0192	DU 819 I=4,7
ISN 0193	DU 819 J=3,6
ISN 0194	819 KODE(1,3,6)=30
ISN 0195	KODE(6,3,6)=14
ISN 0196	KODE(7,3,6)=10
ISN 0197	KODE(2,7,6)=24
ISN 0198	KODE(3,7,6)=24
ISN 0199	KODE(5,7,6)=24
ISN 0200	DU 820 I=2,6
ISN 0201	820 KODE(1,8,6)=28
ISN 0202	DU 821 J=3,6
ISN 0203	KODE(3,3,7)=31
ISN 0204	KODE(4,3,7)=19
ISN 0205	KODE(5,3,7)=30
ISN 0206	KODE(6,3,7)=19
ISN 0207	821 KODE(7,3,7)=30
ISN 0208	KODE(3,3,7)=3
ISN 0209	KODE(5,3,7)=30
ISN 0210	KODE(6,3,7)=4
ISN 0211	KODE(7,3,7)=10
ISN 0212	KODE(7,4,7)=80
ISN 0213	DU 822 I=2,6
ISN 0214	KODE(1,7,7)=23
ISN 0215	KODE(1,8,7)=35
ISN 0216	822 KODE(1,9,7)=28
ISN 0217	KODE(4,7,7)=26
ISN 0218	KODE(6,8,7)=46
ISN 0219	KODE(6,7,7)=33
ISN 0220	KODE(7,8,7)=31
ISN 0221	KODE(7,7,7)=31
ISN 0222	KODE(2,6,7)=25
ISN 0223	DU 823 J=3,6
ISN 0224	KODE(4,3,8)=4
ISN 0225	KODE(5,3,8)=2



```

ISN 0226      823 KODE(6,J,8)=4
ISN 0227      KODE(5,3,8)=3
ISN 0228      DU 824 I=2,5
ISN 0229      KODE(1,7,3)=3
ISN 0230      KODE(1,8,8)=25
ISN 0231      824 KODE(1,9,8)=27
ISN 0232      KODE(2,8,8)=26
ISN 0233      KODE(4,7,8)=10
ISN 0234      KODE(8,9,8)=32
ISN 0235      KODE(6,8,8)=33
ISN 0236      KODE(6,7,8)=17
ISN 0237      KODE(7,9,8)=15
ISN 0238      KODE(7,8,8)=31
ISN 0239      DU 825 J=5,7
ISN 0240      825 KODE(7,J,8)=2
ISN 0241      KODE(7,4,3)=8
ISN 0242      DU 852 J=1, JM
ISN 0243      DU 852 K=1, KM
ISN 0244      KODE(17,J,K)=KODE(16,J,K)
ISN 0245      KODE(16,J,K)=KODE(15,J,K)
ISN 0246      KODE(15,J,K)=KODE(14,J,K)
ISN 0247      KODE(14,J,K)=KODE(13,J,K)
ISN 0248      KODE(13,J,K)=KODE(12,J,K)
ISN 0249      KODE(12,J,K)=KODE(11,J,K)
ISN 0250      KODE(11,J,K)=KODE(10,J,K)
ISN 0251      KODE(10,J,K)=KODE(9,J,K)
ISN 0252      KODE(9,J,K)=KODE(8,J,K)
ISN 0253      KODE(8,J,K)=KODE(7,J,K)
ISN 0254      KODE(7,J,K)=KODE(6,J,K)
ISN 0255      KODE(6,J,K)=KODE(5,J,K)
ISN 0256      KODE(5,J,K)=KODE(4,J,K)
ISN 0257      KODE(4,J,K)=KODE(3,J,K)
ISN 0258      852 CONTINUE
ISN 0259      KODE(6,3,2)=78
ISN 0260      KODE(3,4,2)=78
ISN 0261      KODE(6,3,3)=73
ISN 0262      KODE(3,4,3)=73
ISN 0263      DU 853 J=4,6
ISN 0264      KODE(3,J,3)=1
ISN 0265      853 KODE(3,J,7)=1
ISN 0266      KODE(4,3,3)=34
ISN 0267      KODE(5,3,3)=77
ISN 0268      KODE(7,4,3)=77
ISN 0269      KODE(5,3,6)=30
ISN 0270      KODE(5,3,6)=30
ISN 0271      KODE(7,4,6)=10
ISN 0272      DU 857 J=1,3
ISN 0273      DU 857 K=1,8
ISN 0274      857 ERATIO(15,J,K)=0.6
ISN 0275      DU 858 J=7,10
ISN 0276      858 ERATIO(16,J,1)=0.7
ISN 0277      DU 859 J=7,9
ISN 0278      859 ERATIO(16,J,2)=0.7
ISN 0279      DU 860 J=8,9
ISN 0280      860 ERATIO(16,J,3)=0.7
ISN 0281      DU 1807 J=1, JM
ISN 0282      DU 1807 K=1, KM
ISN 0283      KODE(15,J,K)=KODE(17,J,K)

```

ISN 0284 KODE(17,J,K)=KODE(16,J,K)  
 ISN 0285 KODE(16,J,K)=KODE(15,J,K)  
 ISN 0286 KODE(15,J,K)=KODE(14,J,K)  
 ISN 0287 KODE(14,J,K)=KODE(13,J,K)  
 ISN 0288 KODE(13,J,K)=KODE(12,J,K)  
 ISN 0289 KODE(12,J,K)=KODE(11,J,K)  
 ISN 0290 KODE(11,J,K)=KODE(10,J,K)  
 ISN 0291 KODE(10,J,K)=KODE(9,J,K)  
 ISN 0292 KODE(9,J,K)=KODE(8,J,K)  
 ISN 0293 KODE(8,J,K)=KODE(7,J,K)  
 ISN 0294 KODE(7,J,K)=KODE(6,J,K)  
 ISN 0295 KODE(6,J,K)=KODE(5,J,K)  
 ISN 0296 KODE(5,J,K)=KODE(4,J,K)  
 ISN 0297 KODE(4,J,K)=KODE(3,J,K)  
 ISN 0298 1807 KODE(3,J,K)=KODE(2,J,K)  
 ISN 0299 DU 1802 K=1,KM  
 ISN 0300 1802 KODE(2,J,K)=5  
 ISN 0301 DU 1803 J=4,6  
 ISN 0302 DU 1803 K=1,KM  
 ISN 0303 1803 KODE(2,J,K)=1  
 ISN 0304 DU 1804 J=11,12  
 ISN 0305 DU 1804 K=1,KM  
 ISN 0306 1804 KODE(2,J,K)=1  
 ISN 0307 KODE(2,11,2)=22  
 ISN 0308 KODE(2,7,3)=46  
 ISN 0309 DU 1805 J=7,10  
 ISN 0310 1805 KODE(2,J,5)=1  
 ISN 0311 DU 1806 J=9,10  
 ISN 0312 1806 KODE(2,J,6)=1  
 ISN 0313 KODE(3,6,7)=25  
 ISN 0314 KODE(2,10,7)=1  
 ISN 0315 KODE(2,10,5)=1  
 ISN 0316 DU 1808 J=2,10  
 ISN 0317 DU 1808 K=1,KM  
 ISN 0318 1808 KODE(2,J,K)=1  
 ISN 0319 DU 1809 I=1,2  
 ISN 0320 DU 1809 K=1,KM  
 ISN 0321 DU 1809 J=12,13  
 ISN 0322 1809 KODE(1,J,K)=10  
 ISN 0323 DU 1810 I=1,2  
 ISN 0324 DU 1810 K=1,2  
 ISN 0325 1810 KODE(1,12,K)=3  
 ISN 0326 DU 1811 I=1,2  
 ISN 0327 DU 1811 K=3,5  
 ISN 0328 1811 KODE(1,11,K)=3  
 ISN 0329 DU 1812 I=1,2  
 ISN 0330 DU 1812 J=10,11  
 ISN 0331 DU 1812 K=5,8  
 ISN 0332 1812 KODE(1,J,K)=10  
 ISN 0333 DU 1813 I=1,2  
 ISN 0334 DU 1813 K=7,8  
 ISN 0335 1813 KODE(1,10,K)=3  
 ISN 0336 DU 1814 I=1,2  
 ISN 0337 1814 KODE(1,9,6)=3  
 ISN 0338 DU 1815 I=1,2  
 ISN 0339 DU 1815 J=6,8  
 ISN 0340 1815 KODE(1,J,5)=10  
 ISN 0341 DU 1816 I=1,2

ISN 0342	du 1816 $\kappa=1,5$
ISN 0343	1815 $\kappa\text{ODE}(1,5,8)=5$
ISN 0344	du 1817 $\kappa=1,4$
ISN 0345	$\kappa\text{ODE}(1,6,8)=3$
ISN 0346	1817 $\kappa\text{ODE}(2,6,8)=5$
ISN 0347	du 1816 $\kappa=1,3$
ISN 0348	$\kappa\text{ODE}(2,1,8)=6$
ISN 0349	$\kappa\text{ODE}(2,3,8)=5$
ISN 0350	1818 $\kappa\text{ODE}(2,4,8)=5$
ISN 0351	$\kappa\text{ODE}(2,11,1)=5$
ISN 0352	$\kappa\text{ODE}(2,10,2)=5$
ISN 0353	$\kappa\text{ODE}(2,11,2)=5$
ISN 0354	$\kappa\text{ODE}(2,13,3)=5$
ISN 0355	du 1819 $J=7,13$
ISN 0356	1819 $\kappa\text{ODE}(2,3,4)=5$
ISN 0357	du 1820 $J=5,30$
ISN 0358	1820 $\kappa\text{ODE}(2,3,6)=5$
ISN 0359	du 1821 $J=5,6$
ISN 0360	du 1821 $\kappa=7,8$
ISN 0361	1821 $\kappa\text{ODE}(2,3,8)=5$
ISN 0362	$\kappa\text{ODE}(1,7,7)=5$
ISN 0363	$\kappa\text{ODE}(2,7,7)=5$
ISN 0364	$\kappa\text{ODE}(2,7,8)=5$
ISN 0365	du 1822 $\kappa=1,8M$
ISN 0366	$\kappa\text{ODE}(3,3,8)=46$
ISN 0367	$\kappa\text{ODE}(3,7,8)=36$
ISN 0368	1822 $\kappa\text{ODE}(3,12,8)=2$
ISN 0369	$\kappa\text{ODE}(3,5,11)=2$
ISN 0370	$\kappa\text{ODE}(3,6,11)=36$
ISN 0371	$\kappa\text{ODE}(3,11,1)=49$
ISN 0372	$\kappa\text{ODE}(3,2,2)=2$
ISN 0373	$\kappa\text{ODE}(3,6,2)=36$
ISN 0374	$\kappa\text{ODE}(3,13,2)=2$
ISN 0375	$\kappa\text{ODE}(3,7,3)=2$
ISN 0376	$\kappa\text{ODE}(3,6,3)=36$
ISN 0377	$\kappa\text{ODE}(3,7,3)=36$
ISN 0378	$\kappa\text{ODE}(3,10,3)=49$
ISN 0379	$\kappa\text{ODE}(3,11,3)=2$
ISN 0380	$\kappa\text{ODE}(3,7,4)=2$
ISN 0381	$\kappa\text{ODE}(3,3,4)=31$
ISN 0382	$\kappa\text{ODE}(3,3,4)=52$
ISN 0383	$\kappa\text{ODE}(3,3,5)=50$
ISN 0384	du 1823 $J=5,12$
ISN 0385	1823 $\kappa\text{ODE}(3,3,7)=2$
ISN 0386	$\kappa\text{ODE}(3,5,7)=36$
ISN 0387	du 1824 $J=7,12$
ISN 0388	1824 $\kappa\text{ODE}(3,3,6)=2$
ISN 0389	$\kappa\text{ODE}(3,10,7)=2$
ISN 0390	$\kappa\text{ODE}(3,11,7)=2$
ISN 0391	$\kappa\text{ODE}(3,7,7)=2$
ISN 0392	$\kappa\text{ODE}(3,5,7)=36$
ISN 0393	$\kappa\text{ODE}(3,5,8)=36$
ISN 0394	$\kappa\text{ODE}(3,5,8)=36$
ISN 0395	$\kappa\text{ODE}(3,5,9)=36$
ISN 0396	$\kappa\text{ODE}(3,5,9)=36$
ISN 0397	$\kappa\text{ODE}(3,5,9)=36$
ISN 0398	$\kappa\text{ODE}(3,13,9)=2$

ISN 0400	KUDEL(3,11,3)=2
ISN 0401	KUDEL(3,12,8)=2
ISN 0402	KUDEL(2,7,3)=35
ISN 0403	KUDEL(1,9,5)=10
ISN 0404	KUDEL(2,9,5)=10
ISN 0405	DU 1860 J=10,13
ISN 0406	1860 KUDEL(2,J,6)=10
ISN 0407	KUDEL(2,9,6)=3
ISN 0408	KUDEL(2,1,7)=3
ISN 0409	KUDEL(2,2,7)=1
ISN 0410	KUDEL(4,6,7)=25
ISN 0411	KUDEL(2,7,7)=1
ISN 0412	KUDEL(2,10,7)=3
ISN 0413	DU 1861 J=11,13
ISN 0414	DU 1861 K=7,8
ISN 0415	1861 KUDEL(2,J,K)=10
ISN 0416	KUDEL(2,2,8)=1
ISN 0417	KUDEL(2,7,8)=1
ISN 0418	KUDEL(2,8,8)=1
ISN 0419	KUDEL(2,10,8)=3
ISN 0420	DU 1862 J=1,12
ISN 0421	DU 1862 K=1,6
ISN 0422	1862 EKAF10(1,J,K)=1.5
ISN 0423	DU 1826 K=1,8
ISN 0424	Q(7,3,K)=PINT
ISN 0425	P(15,4,K)=0.3*PINT
ISN 0426	DU 1827 I=3,5
ISN 0427	1827 P(1,3,K)=PINT
ISN 0428	DU 1828 J=1,2
ISN 0429	1828 Q(3,J,K)=PINT
ISN 0430	DU 1829 J=1,5
ISN 0431	1829 J(15,J,K)=PINT
ISN 0432	DU 1826 I=8,14
ISN 0433	1826 P(1,4,K)=PINT
ISN 0434	P(6,3,1)=0
ISN 0435	P(6,4,1)=0
ISN 0436	DU 1830 I=3,15
ISN 0437	P(1,7,1)=PINT
ISN 0438	1830 P(1,11,1)=PINT
ISN 0439	P(6,7,1)=0
ISN 0440	P(8,7,1)=0
ISN 0441	DU 1831 J=7,10
ISN 0442	Q(3,J,1)=PINT
ISN 0443	1831 J(16,J,1)=PINT
ISN 0444	P(16,7,1)=0.3*PINT
ISN 0445	P(16,11,1)=0.3*PINT
ISN 0446	DU 1832 J=3,6
ISN 0447	Q(9,J,1)=PINT
ISN 0448	Q(6,J,1)=PINT
ISN 0449	Q(7,J,1)=PINT
ISN 0450	1832 Q(8,J,1)=PINT
ISN 0451	Q(9,3,1)=0
ISN 0452	DU 1833 I=3,15
ISN 0453	P(1,7,2)=PINT
ISN 0454	P(1,10,2)=PINT
ISN 0455	1833 S(1,10,2)=0.6*PINT
ISN 0456	DU 1834 J=7,9
ISN 0457	Q(3,J,2)=PINT

```

ISN 0458      1834 Q(16,J,2)=PINT
ISN 0459      DU 1835 I=6,9
ISN 0460      Q(1,5,2)=0.5*PINT
ISN 0461      Q(1,4,2)=PINT
ISN 0462      1835 J(1,3,2)=PINT
ISN 0463      Q(9,5,2)=0
ISN 0464      P(10,7,2)=0.3*PINT
ISN 0465      P(10,10,2)=0.3*PINT
ISN 0466      DU 1836 I=3,15
ISN 0467      P(1,6,3)=PINT
ISN 0468      P(1,10,3)=PINT
ISN 0469      1836 S(1,7,3)=PINT
ISN 0470      DU 1837 J=8,9
ISN 0471      Q(3,J,3)=PINT
ISN 0472      1837 Q(10,J,3)=PINT
ISN 0473      P(10,8,3)=0.3*PINT
ISN 0474      P(10,10,3)=0.3*PINT
ISN 0475      DU 1838 I=3,15
ISN 0476      S(1,8,4)=PINT
ISN 0477      1838 S(1,9,4)=PINT
ISN 0478      DU 1839 I=3,8
ISN 0479      P(1,7,7)=PINT
ISN 0480      P(1,8,7)=PINT
ISN 0481      1839 S(1,7,7)=PINT
ISN 0482      P(6,7,7)=0
ISN 0483      P(8,7,7)=0
ISN 0484      DU 1840 I=6,9
ISN 0485      Q(1,5,7)=0.5*PINT
ISN 0486      Q(1,4,7)=PINT
ISN 0487      1840 J(1,3,7)=PINT
ISN 0488      Q(9,3,7)=0
ISN 0489      DU 1841 I=3,8
ISN 0490      P(1,7,8)=PINT
ISN 0491      P(1,9,8)=PINT
ISN 0492      1841 S(1,8,8)=PINT
ISN 0493      Q(3,7,7)=PINT
ISN 0494      Q(9,7,7)=PINT
ISN 0495      P(6,7,8)=0
ISN 0496      P(8,7,8)=0
ISN 0497      DU 1842 J=7,8
ISN 0498      Q(3,J,8)=PINT
ISN 0499      1842 Q(8,J,8)=PINT
ISN 0500      DU 1843 J=3,6
ISN 0501      DU 1843 I=6,9
ISN 0502      1843 Q(1,J,5)=PINT
ISN 0503      Q(9,5,3)=0
ISN 0504      DU 1850 K=1,8
ISN 0505      DU 1851 I=3,14
ISN 0506      1851 P (1,13,K)=1200
ISN 0507      DU 1850 I=15,17
ISN 0508      1850 P (1,13,K)=1400
ISN 0509      CALL MATPRT(P, 1,1)
ISN 0510      CALL MATPRT(Q, 1,2)
ISN 0511      CALL MATPRT(S,1,15)
ISN 0512      CALL MATPRT(KUDE,0,3)
ISN 0513      CALL MATPRT(EKATIO,1,4)
ISN 0514      CALL MATPRT (ASTEEL,1,20)
ISN 0515      WRITE (6,610)

```

```

010 FORMAT (1H1,'VELOCITY PLOT',3X,'INCHES PER SECOND')
011 WRITE (6,011)
011 FORMAT (1H0,'-0',0X,'-5',0X,'-4',0X,'-3',0X,'-2',0X,'-1',0X,
2'0',0X,'1',0X,'2',0X,'3',0X,'4',0X,'5',0X,'6')
010 DO 030 J=1,121
030 LINE(J)=SYMBOL (Z)
010 DO 037 J=1,121,10
037 LINE (J)=SYMBOL (3)
011 WRITE (6,007) LINE
0C7 FORMAT (1H ,121A1)
NN=1
G1=1/11,0,0,0*DAMP)
G2=1-0,0,0*DAMP
G3=TDCL/RHO
G4=(ELAS1*TDCL*(PUISS)/(11+PUISS)*11-2*PLISS))
G5=(ELAS1*TDCL)/(2*11+PUISS))
G6=(ELAS1*TDCL)*11-PUISS)/(11+PUISS)*11-2*PLISS))
G7=0.3
DO 051 M=1,MEND
DO 050 L=1,LUCL
N=(M-1)*LUCL+L
DO 050 J=1,J4
R=(J-1)*RUCL
DO 050 I=1,14
DO 050 K=1,K4
RUB=R/JE (1,J,K)
GO TO 11,1,3,49,5,49,4,49,3,49,2,
21,49,4,49,1,3,10,17,18,1,20,
3,1,1,3,2,3,2,4,1,49,27,20,49,00,
4,1,4,1,0,0,17,1,1,1,1,1,19,39,
5,1,17,4,3,4,1,4,18,47,1,0,21,18,
6,18,1,27,1,34,4,1,4,1,43,45,46,
7,1,45,46,00,40,48,0,17,1,96,9,970,
8,7,1,18,0,3,1,1,1,1,1,1,1,1,1,
9,1,98,2,49,9,14,98,5,98,0,1,1,1,1,9,
10,9,9,2,18,9,2,49,27,1,END
1SN 0542 1 U(I,J,K)=G1*G2*U(I,J,K)+G1*G3*((P(I,J,K)+A(I,J-1,K)-A(I,J,K))/RDE
ZL)-(A(I,J-1,K)+A(I,J,K)-B(I,J-1,K)-B(I,J,K))/(2*R))+((TJ(I,J,K)-
3TJ(I+1,J,K))/ZDEL)+(TJK(I,J,K)-TJK(I,J,K+1))/(M*ADEL(K)))/ERATIO
4(I,J,K)
1SN 0543 GO TO 30
1SN 0544 3 U(I,J,K)=G1*G2*U(I,J,K)+G1*G3*((A(I,J-1,K)-P(I,J,K))/RDEL)-(A
2(I,J-1,K)-B(I,J-1,K))/(2*R))+((TJ(I,J-1,K)-TJ(I+1,J-1,K))
3/(4*ZDEL))+((TJK(I,J-1,K)-TJK(I,J-1,K+1))/(4*R*ADEL(K)))+2/ERATIO
4(I,J-1,K)
1SN 0545 GO TO 50
1SN 0546 5 U(I,J,K)=G1*G2*U(I,J,K)+G1*G3*((P(I,J,K)-A(I,J,K))/RDEL)-(A
2(I,J,K)-B(I,J,K))/(2*R))+((TJ(I,J+1,K)-TJ(I+1,J+1,K))/(4*ZDEL))+
3((TJK(I,J+1,K)-TJK(I,J+1,K+1))/(4*R*ADEL(K)))+2/ERATIO(I,J,K)
GO TO 50
1SN 0547 6 IF(RDEL(I,J-1,K)+E0,10) GO TO 5
1SN 0548 IF (RDEL(I,J-1,K)+E0,10) GO TO 15
1SN 0550 GO TO 1
1SN 0552 9 U(I,J,K)=G1*G2*U(I,J,K)+G1*G3*((P(I,J,K)+A(I,J-1,K)-A(I,J,K))
2/RDEL)-(A(I,J-1,K)+A(I,J,K)-B(I,J-1,K)-B(I,J,K))/(2*R))
3+((TJ(I,J,K)-2TJ(I+1,J,K))/(2*ZDEL))+((TJK(I,J,K)-TJK(I,J,K+1))
4/(R*ADEL(K)))/ERATIO(I,J,K)
1SN 0554 GO TO 50

```



- 45)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((P(1, J, K) - A(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, J, K) - B(1, J, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J+1, K) - T(1, J+1, J+1, K)) / (4 * ZDEL)) - (TJK(1, J, K+1)) / (2 * K * ADEL(K)) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0581  
 ISN 0582  
 GO TO 50
- 46)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((B(1, J, K) - A(1, J, K)) * ((T(1, J, J+1, 2K) - T(1, J+1, J+1, K)) / (4 * ZDEL)) + ((TJK(1, J+1, K) - TJK(1, J+1, K+1)) / (2 * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0583  
 ISN 0584  
 GO TO 50
- 47)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((A(1, J-1, K) - P(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, J-1, K) - B(1, J-1, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J-1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) + ((TJK(1, J-1, K) - TJK(1, J-1, K+1)) / (4 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J-1, K)$   
 ISN 0585  
 ISN 0586  
 GO TO 50
- 959)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((P(1, J, K) - A(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, J, K) - B(1, J, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J+1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) + ((TJK(1, J+1, K) - TJK(1, J+1, K+1)) / (4 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0587  
 ISN 0588  
 GO TO 50
- 966)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((P(1, J, K) - A(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, 2J, K) - B(1, 2J, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J, K) / ZDEL) + ((TJK(1, J+1, K) - TJK(1, J+1, 3K+1)) / (4 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0589  
 ISN 0590  
 GO TO 50
- 971)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((A(1, J-1, K) - P(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, J-1, K) - B(1, J-1, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J-1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) - (TJK(1, J, K+1)) / (2 * K * ADEL(K)) + Z / ERAT(1, J-1, K)$   
 ISN 0591  
 ISN 0592  
 ISN 0593  
 GO TO 50
- 969)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((P(1, J, K) - A(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, J, K) - B(1, J, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J+1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) + ((TJK(1, J+1, K) - 2 * T(1, J, K+1)) / (4 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0594  
 ISN 0595  
 GO TO 50
- 970)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((A(1, J-1, K) - P(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, J-1, K) - B(1, J-1, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J-1, K) - T(1, J+1, J-1, K)) / (4 * ZDEL)) - (TJK(1, J, K+1)) / (2 * K * ADEL(K)) + Z / ERAT(1, J-1, K)$   
 ISN 0596  
 ISN 0597  
 GO TO 50
- 971)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((A(1, J-1, K) - P(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, J-1, K) - B(1, J-1, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J-1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) - (TJK(1, J, K+1)) / (2 * K * ADEL(K)) + Z / ERAT(1, J-1, K)$   
 ISN 0598  
 ISN 0599  
 GO TO 50
- 972)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((P(1, J, K) - A(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, 2J, J, K) - B(1, 2J, J, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J+1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) + ((TJK(1, J, K) - TJK(1, J+1, K+1)) / (4 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0600  
 ISN 0601  
 GO TO 50
- 974)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((A(1, J-1, K) - P(1, J, K)) / RDEL) + ((B(1, J-1, K) - A(1, J-1, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J-1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) + ((2 * TJK(1, J, K) - TJK(1, J-1, K+1)) / (4 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J-1, K)$   
 ISN 0602  
 ISN 0603  
 GO TO 50
- 985)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((P(1, J, K) - A(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, 2J, J) - B(1, 2J, J)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J+1, K) - T(1, J+1, J+1, K)) / (4 * ZDEL)) + ((TJK(1, J, K) / (2 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0604  
 ISN 0605  
 GO TO 50
- 986)  $U(1, J, K) = G1 * G2 * U(1, J, K) + G3 * ((P(1, J, K) - A(1, J, K)) / RDEL) - ((A(1, 2J, J, K) - B(1, 2J, J, K)) / (2 * K)) + ((T(1, J, J+1, K) - 2 * T(1, J+1, J, K)) / (4 * ZDEL)) + ((TJK(1, J, K) / (2 * K * ADEL(K)))) + Z / ERAT(1, J, K)$   
 ISN 0606  
 GO TO 50





$$2K+0.5 * RDEL) * 0.5 * (ADEL(K) + ADEL(K-1))) + ((TJK(1, J, K) * R * ADEL(K)) / ((K + 0.5 * RDEL) * (ADEL(K) + ADEL(K-1)) * RDEL)) - ((TJK(1, J+1, K) * (K + RDEL)) / (4 * (K + 0.5 * RDEL) * RDEL)) + (TK(1, J, K) - TK(1+1, J, K)) / ZDEL) / ERATIO(1, J, K)$$

ISN 0638  
 ISN 0639  
 GO TO 100  
 73 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) - S(1, J, K-1)) / ((K + 0.5 \* RDEL) \* ADEL(K-1))) + ((TJK(1, J, K) - TJK(1, J+1, K)) / (2 \* RDEL)) - ((3 \* TJK(1, J, K) + TJK(1, J+1, K)) / ((K + 0.5 \* RDEL) \* 4)) + ((TK(1, J, K) - TK(1+1, J, K-1)) / (4 \* ZDEL)) \* 2 / ERATIO(1, J, K-1)

ISN 0640  
 ISN 0641  
 GO TO 100  
 75 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) + B(1, J, K-1) - B(1, J, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL) \* 0.5 \* (ADEL(K) + ADEL(K-1)))) + ((K \* TJK(1, J, K)) / ((K + 0.5 \* RDEL) \* RDEL)) - ((TJK(1, J+1, K) \* ADEL(K-1) \* (K + RDEL)) / (4 \* (K + 0.5 \* RDEL) \* 4 \* RDEL \* (ADEL(K) + ADEL(K-1)))) + ((TK(1, J, K) - TK(1+1, J, K)) / ZDEL)) / 5 \* ERATIO(1, J, K)

ISN 0642  
 ISN 0643  
 GO TO 100  
 76 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((B(1, J, K) - S(1, J, K)) / ((K + 0.5 \* RDEL) \* ADEL(K-1))) - (TJK(1, J+1, K)) / (2 \* RDEL)) - ((3 \* TJK(1, J+1, K)) / (4 \* (K + 0.5 \* RDEL))) + ((TK(1, J, K) - 4 \* TK(1+1, J, K-1)) / (4 \* ZDEL)) \* 2 / ERATIO(1, J, K-1)

ISN 0644  
 ISN 0645  
 GO TO 100  
 77 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) + B(1, J, K-1) - B(1, J, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL) \* 0.5 \* (ADEL(K) + ADEL(K-1)))) + ((TJK(1, J, K) - TJK(1, J+1, K)) \* R \* ADEL(K-1)) / (3 \* RDEL) - ((TJK(1, J, K) + TJK(1, J+1, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL))) + ((TK(1, J, K) / 4 \* ZDEL) - ((TK(1+1, J, K) \* ADEL(K-1)) / ((ADEL(K) + ADEL(K-1)) \* ZDEL))) / 5 \* ERATIO(1, J, K)

ISN 0646  
 ISN 0647  
 GO TO 100  
 79 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((B(1, J, K) - S(1, J, K)) / ((K + 0.5 \* RDEL) \* ADEL(K-1))) + ((TJK(1, J, K-1) - TJK(1, J+1, K-1)) / (4 \* RDEL)) - ((3 \* TJK(1, J, K-1) + TJK(1, J+1, K-1)) / (8 \* (K + 0.5 \* RDEL))) + ((2 \* TK(1, J, K) - 4 \* TK(1+1, J, K-1)) / (4 \* ZDEL)) \* 2 / ERATIO(1, J, K-1)

ISN 0648  
 ISN 0649  
 GO TO 100  
 81 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) + B(1, J, K-1) - B(1, J, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL) \* 0.5 \* (ADEL(K) + ADEL(K-1)))) + ((TJK(1, J, K) - TJK(1, J+1, K)) / 3 \* RDEL) - ((TJK(1, J, K) + TJK(1, J+1, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL))) + ((TK(1, J, K) / 4 \* ZDEL) - ((TK(1+1, J, K) \* ADEL(K-1)) / ((ADEL(K) + ADEL(K-1)) \* ZDEL))) / 5 \* ERATIO(1, J, K)

ISN 0650  
 ISN 0651  
 GO TO 100  
 83 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / ((K + 0.5 \* RDEL) \* ADEL(K))) + ((TJK(1, J, K+1) - TJK(1, J+1, K+1)) / (4 \* RDEL)) - ((TJK(1, J, K+1) + TJK(1, J+1, K+1)) / (8 \* (K + 0.5 \* RDEL))) + ((2 \* TK(1, J, K) - TK(1+1, J, K+1)) / (4 \* ZDEL)) \* 2 / ERATIO(1, J, K)

ISN 0652  
 ISN 0653  
 GO TO 100  
 85 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) + B(1, J, K-1) - B(1, J, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL) \* 0.5 \* (ADEL(K) + ADEL(K-1)))) + ((TJK(1, J, K) - TJK(1, J+1, K)) / 3 \* RDEL) - ((TJK(1, J, K) + TJK(1, J+1, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL))) + ((TK(1, J, K) / 4 \* ZDEL) - ((TK(1+1, J, K) \* ADEL(K)) / ((ADEL(K) + ADEL(K-1)) \* ZDEL))) / 5 \* ERATIO(1, J, K)

ISN 0654  
 ISN 0655  
 GO TO 100  
 94 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / ((K + 0.5 \* RDEL) \* ADEL(K))) + ((TJK(1, J, K+1) \* R) / (4 \* (K + 0.5 \* RDEL) \* RDEL)) + ((3 \* TJK(1, J, K+1) - TK(1+1, J, K+1)) / (4 \* ZDEL)) \* 2 / ERATIO(1, J, K)

ISN 0656  
 ISN 0657  
 GO TO 100  
 95 V(1, J, K) = 0.1 \* 0.2 \* V(1, J, K) + 0.1 \* 0.8 \* ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / (2 \* (K + 0.5 \* RDEL) \* ADEL(K))) - ((TJK(1, J+1, K) \* (K + RDEL)) / (3 \* Z \* RDEL \* (K + 0.5 \* RDEL))) + ((TK(1, J, K+1) - TK(1+1, J, K+1)) / (4 \* ZDEL)) \* 4 \* 2 / ERATIO(1, J, K)

ISN 0658  
 GO TO 100

ISN 0659 
$$V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) - (I(JK(1, J, K) * K) / (2 * K * RDEL * (K+0.5 * RDEL))) + (I(K(1(1, J, K+1) - K(1(1+1, J, K+1))) / (4 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0660  
 ISN 0662 
$$972 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) + (I(K * JK(1, J, K) - JK(1, J+1, K+1)) / (4 * RDEL)) - (I(2 * JK(1, J, K) * JK(1, J+1, K+1)) / (8 * K * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K+1) - 2 * K(1(1+1, J, K))) / (4 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0662  
 ISN 0663 
$$973 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) + B(1, J, K-1) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) + 0.5 * (ADEL(K) * ADEL(K-1))) + (I(JK(1, J, K) - JK(1, J+1, K))) / RDEL - (I(JK(1, J, K) * JK(1, J+1, K)) / (2 * K * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K) * ADEL(K))) / (I(ADEL(K) * ADEL(K-1)) * ZDEL)) - (I(K(1(1+1, J, K) / ZDEL))) / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0664  
 ISN 0665 
$$975 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) + (I(JK(1, J, K+1) - 2 * JK(1, J+1, K))) / (4 * RDEL) - (I(JK(1, J, K+1) * 2 * JK(1, J+1, K)) / (8 * K * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K+1) - 2 * K(1(1+1, J, K))) / (4 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0666  
 ISN 0667 
$$977 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) + (I(JK(1, J, K+1) - JK(1, J+1, K+1)) / (4 * RDEL)) - (I(JK(1, J, K+1) * JK(1, J+1, K+1)) / (8 * K * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K) - K(1(1+1, J, K))) / (2 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0668  
 ISN 0669 
$$979 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((B(1, J, K-1) - S(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K-1))) + (I(JK(1, J, K-1) - JK(1, J+1, K-1)) / (4 * RDEL)) - (I(3 * JK(1, J, K-1) * JK(1, J+1, K-1)) / (8 * K * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K) - K(1(1+1, J, K))) / (2 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K-1)$$
  
 GO TO 100

ISN 0670  
 ISN 0671 
$$980 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) + B(1, J, K-1) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) + 0.5 * (ADEL(K) * ADEL(K-1))) + (I(JK(1, J, K) - JK(1, J+1, K))) / RDEL - (I(JK(1, J, K) * JK(1, J+1, K)) / (2 * K * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K) * ADEL(K-1)) / (I(ADEL(K) * ADEL(K-1)) * ZDEL)) - (I(K(1(1+1, J, K) / ZDEL))) / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0672  
 ISN 0673 
$$983 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((B(1, J, K-1) - S(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K-1))) - (I(JK(1, J+1, K) * K) / (4 * R * RDEL * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K-1) - 2 * K(1(1+1, J, K))) / (4 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K-1)$$
  
 GO TO 100

ISN 0674  
 ISN 0675 
$$985 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((B(1, J, K-1) - S(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K-1))) + (I(JK(1, J, K) - JK(1, J+1, K))) / (2 * RDEL) - (I(JK(1, J, K) * JK(1, J+1, K)) / (4 * K * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K-1) - 2 * K(1(1, J+1, K))) / (4 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K-1)$$
  
 GO TO 100

ISN 0676  
 ISN 0677 
$$988 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) + B(1, J, K-1) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) + 0.5 * (ADEL(K) * ADEL(K-1))) + (I(K * JK(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * RDEL)) - (I(JK(1, J+1, K) * ADEL(K) * K * RDEL)) / (I(K+0.5 * RDEL) * 4 * RDEL * (ADEL(K) * ADEL(K-1))) + (I(K(1(1, J, K) - K(1(1+1, J, K)) / ZDEL))) / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0678  
 ISN 0679 
$$993 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) + (I(K * JK(1, J, K)) / (I(2 * K * RDEL) * RDEL)) + (I(K(1(1, J, K+1) - 2 * K(1(1+1, J, K))) / (4 * ZDEL))) + 2 / ENATIO(1, J, K)$$
  
 GO TO 100

ISN 0680  
 ISN 0681 
$$994 \quad V(1, J, K) = 0.1 * 0.2 * V(1, J, K) + 0.1 * 0.8 * ((S(1, J, K) - B(1, J, K)) / (I(K+0.5 * RDEL) * ADEL(K))) - (I(JK(1, J+1, K) * K * RDEL)) / (I(2 * K * RDEL) * RDEL) + (I(K(1(1, J,$$

ISN 0682  
ISN 0683  
ISN 0684  
ISN 0685  
ISN 0686  
ISN 0687  
ISN 0688  
ISN 0689  
ISN 0690  
ISN 0691  
ISN 0693  
ISN 0695  
ISN 0697  
ISN 0699  
ISN 0701  
ISN 0703  
ISN 0705  
ISN 0707  
ISN 0709  
ISN 0711  
ISN 0712  
ISN 0713  
ISN 0715  
  
ISN 0716  
ISN 0717  
ISN 0718  
ISN 0720  
  
ISN 0721  
ISN 0722  
ISN 0723  
ISN 0725  
  
ISN 0726  
ISN 0727  
ISN 0728  
ISN 0729  
ISN 0730  
ISN 0731  
ISN 0732  
ISN 0733  
ISN 0734  
ISN 0735  
ISN 0736  
ISN 0737  
ISN 0738  
ISN 0739  
ISN 0740

```
3K+1)-2*(X1(1),J,K)/(14*DEL)))*2/ERAT(1,J,K)
GO TO 100
55 V(1,J,K)=0
100 CONTINUE
DO 553 I=1,IM
DO 554 J=1,JM
K=(J-1)*NDL
K=1
K=J
GO=0.5*(1+(X-C0))*ADEL(1)+.2)
IF (KDEL(1,J,1).EQ.0) GO TO 554
IF (KDEL(1,J,1).EQ.53) GO TO 554
IF (KDEL(1,J,1).EQ.55) GO TO 554
IF (KDEL(1,J,1).EQ.61) GO TO 554
IF (KDEL(1,J,1).EQ.64) GO TO 554
IF (KDEL(1,J,1).EQ.54) GO TO 555
IF (KDEL(1,J,1).EQ.57) GO TO 555
IF (KDEL(1,J,1).EQ.56) GO TO 555
IF (KDEL(1,J,1).EQ.58) GO TO 556
IF (KDEL(1,J,1).EQ.62) GO TO 556
GO TO 553
554 S(1,J,K)=S(1,J,K)-7.4E6*DEL*V(1,J,K)*ASTEEL(1,J,K)
(FI-S(1,J,K)*OT/(7.4E4*ASTEEL(1,J,K))) S(1,J,K)=-7.4E4*ASTEEL(1,J,K)
V(1,J,K)=G1*G2*V(1,J,K)+G3*G4*(S(1,J,K)-O(1,J,K))/(14*DEL)+.5*
2*DEL)*ADEL(K))/(14*DEL)))*2/ERAT(1,J,K)
S(1,J,K)+TJK(1,J,K+1)-TJK(1,J,K+1))/(14*DEL)))+(TJK(1,J,K+1)-
4*(K(1+1,J,K+1))/(14*DEL)))*2/ERAT(1,J,K)
GO TO 553
555 S(1,J,K)=S(1,J,K)-7.4E6*DEL*V(1,J,K)*ASTEEL(1,J,K)
(FI-S(1,J,K)*OT/(7.4E4*ASTEEL(1,J,K))) S(1,J,K)=-7.4E4*ASTEEL(1,J,K)
V(1,J,K)=G1*G2*V(1,J,K)+G3*G4*(S(1,J,K)-O(1,J,K))/(14*DEL)+.5*
2*DEL)*ADEL(K))/(14*DEL)))*2/ERAT(1,J,K)
S(1,J,K)+TJK(1,J,K+1)-TJK(1,J,K+1))/(14*DEL)))+(TJK(1,J,K+1)-
4*(K(1+1,J,K+1))/(14*DEL)))*2/ERAT(1,J,K)
GO TO 553
556 S(1,J,K)=S(1,J,K)-7.4E6*DEL*V(1,J,K)*ASTEEL(1,J,K)
(FI-S(1,J,K)*OT/(7.4E4*ASTEEL(1,J,K))) S(1,J,K)=-7.4E4*ASTEEL(1,J,K)
V(1,J,K)=G1*G2*V(1,J,K)+G3*G4*(S(1,J,K)-O(1,J,K))/(14*DEL)+.5*
2*DEL)*ADEL(K))/(14*DEL)))*2/ERAT(1,J,K)
S(1,J,K)+TJK(1,J,K+1)-TJK(1,J,K+1))/(14*DEL)))+(TJK(1,J,K+1)-
4*(K(1+1,J,K+1))/(14*DEL)))*2/ERAT(1,J,K)
553 CONTINUE
DO 500 K=1,KM
DO 501 I=1,IA
DO 502 J=1,JA
OVI(1,J,K)=OVI(1,J,K)+1000*V(1,J,K)*TDEL
IF (OVI(1,J,1)) 554,560,560
554 OVI(1,J,1)=0
V(1,J,1)=0
560 CONTINUE
DO 570 J=1,JM
K=(J-1)*NDL
DO 571 I=1,IM
DO 572 K=1,KM
KND=KDEL(1,J,K)
GO TO (101,102,149,104,101,101,102,102,115,149,
2101,149,113,114,115,115,101,101,101,149,
3101,101,149,101,101,149,101,101,129,130,
4101,132,133,101,101,136,137,101,137,140,
```



ISN 0781  
ISN 0782

GO TO 150  
132 W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1-1,J,K)-U(1,J,K))/ZDEL+((T1J  
Z(1-1,J,K)-11J(1-1,J,K)+1)/(4\*RUDEL))-((11J(1-1,J,K)+T1J(1-1,J,K))  
3/18-4\*(.5\*RUDEL)))/(11K(1-1,J,K)-2\*TK(1,J,K+1))/(4\*(R+O.5\*RUDEL)  
\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101-1,J,K)

ISN 0783  
ISN 0784  
ISN 0786

GO TO 150  
133 IF(K=011,J=1,K),GOTO 140 GO TO 115  
W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1,J,K)+C(1-1,J,K)-C(1,J,K))/  
ZDEL+((11J(1,J,K)-11J(1,J,K))/RUDEL)-((T1J(1,J,K)+T1J(1,J+1,K))/  
312\*(R+.5\*RUDEL)))/(11K(1,J,K)-2\*TK(1,J,K+1))/(2\*(K+O.5\*RUDEL)  
\*ADDEL(K)))/2/ERAT(101,J,K)

ISN 0787  
ISN 0788  
ISN 0789

GO TO 150  
136 J(1,J,K)-W(1,J,K)-20\*U\*UDEL\*(W(1,J,K)-W(1,J,K))\*ASTE(11-1,J,K)  
IF(W(1,J,K)+.17\*.E4\*ASTE(11-1,J,K))GOTO 140\*7\*.E4\*ASTE(11-1,J,  
ZK)

ISN 0791

W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1,J,K)-C(1,J,K))/ZDEL+((T1J  
Z(1+1,J,K)-11J(1+1,J,K))/(4\*RUDEL))-((11J(1+1,J,K)+T1J(1+1,J+1,K))/  
3/18\*(R+O.5\*RUDEL)))/(11K(1+1,J,K)-TK(1+1,J,K+1))/(4\*(R+O.5\*RUDEL)  
\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101,J,K)

ISN 0792

W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1-1,J,K)-U(1,J,K))/ZDEL+((  
21J(1-1,J,K)-11J(1-1,J,K))/4\*RUDEL)-((T1J(1-1,J,K)+T1J(1-1,  
J+1,K))/1\*(R+O.5\*RUDEL)))/(11K(1-1,J,K)-TK(1-1,J,K+1))/(4\*(K+  
O.5\*RUDEL)\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101-1,J,K)

ISN 0793  
ISN 0794  
ISN 0795

GO TO 150  
137 W(1,J,K)=J(1,J,K)-20\*U\*UDEL\*(W(1,J,K)-W(1,J,K))\*ASTE(11-1,J,K)  
IF(W(1,J,K)+.17\*.E4\*ASTE(11-1,J,K))GOTO 140\*7\*.E4\*ASTE(11-1,J,  
ZK)

ISN 0797  
ISN 0798  
ISN 0800

IF (4-V)(1,J,K) = 300139,138,139  
138 IF(10\*W(1,J,K)-W(1,J,K))GOTO 20701 GO TO 150  
RUDEL(1,J,K)=30

ISN 0801  
ISN 0802  
ISN 0803  
ISN 0804  
ISN 0805  
ISN 0806  
ISN 0807

RUDEL(1,J+1,K)=37  
RUDEL(1,J+2,K)=30  
RUDEL(1-1,J+1,K)=30  
JW(1,J+1,K)=JW(1,J+1,K)  
W(1,J+1,K)=W(1,J+1,K)  
W(1,J+1,K)=W(1,J+1,K)+100  
139 W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1,J,K)-C(1,J,K))/ZDEL+((T1J  
Z(1+1,J,K)-2\*11J(1,J+1,K))/(4\*RUDEL))-((T1J(1+1,J,K)+2\*T1J(1,J+1,K))/  
3/18\*(R+.5\*RUDEL)))/(11K(1+1,J,K)-TK(1+1,J,K+1))/(4\*(R+O.5\*RUDEL)  
\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101,J,K)

ISN 0808

W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1-1,J,K)-U(1,J,K))/ZDEL+((  
Z1J(1-1,J,K)-2\*11J(1,J+1,K))/(4\*RUDEL))-((11J(1-1,J,K)+2\*T1J(1,J+1,  
K))/1\*(R+O.5\*RUDEL)))/(11K(1-1,J,K)-TK(1-1,J,K+1))/(4\*(R+O.5\*  
RUDEL)\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101-1,J,K)

ISN 0809  
ISN 0811

GO TO 150  
140 W(1,J,K)=J(1,J,K)-20\*U\*UDEL\*(W(1,J,K)-W(1,J,K))\*ASTE(11-1,J,K)  
IF(W(1,J,K)+.17\*.E4\*ASTE(11-1,J,K))GOTO 140\*7\*.E4\*ASTE(11-1,J,  
ZK)

ISN 0813

W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1,J,K)-C(1,J,K))/ZDEL+((T1J  
Z(1,J,K)+1\*(K+RUDEL))/12\*(R+O.5\*RUDEL)\*RUDEL))+((TK(1+1,J,K)-TK(1  
J+1,J,K+1))/(4\*(K+O.5\*RUDEL)\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101,J,K)

ISN 0814

W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1-1,J,K)-U(1,J,K))/ZDEL+((  
Z1(11J(1-1,J,K)+R)/1\*(R+O.5\*RUDEL)\*RUDEL))+((TK(1-1,J,K)-TK(1  
J-1,J,K+1))/(4\*(K+O.5\*RUDEL)\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101-1,J,K)

ISN 0815  
ISN 0816

GO TO 150  
141 W(1,J,K)=.01\*Z\*W(1,J,K)+.01\*U7\*(11\*(1,J,K)-C(1,J,K))/ZDEL+((T1J(1,  
ZJ+1,K)+1\*(K+RUDEL))/12\*(RUDEL\*(K+O.5\*RUDEL)))+(TK(1+1,J,K)-TK(1+1,J,  
K+1))/(4\*(K+O.5\*RUDEL)\*ADDEL(K)))\*2/ERAT(101,J,K)

ISN 0817  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((C(I) - 1, J, K) - Q(I, J, K)) / ZDEL + ((2 * T(I, J, K)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I) - 1, J, K) - TK(I - 1, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL) + ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I - 1, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0818  
 ISN 0819 142  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((Q(I, J, K) + C(I - 1, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) + ((2 * T(I, J, K) - T(I, J, K + 1, K)) / (4 * RDEL)) - ((2 * T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) / ERATIO(I, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0820  
 ISN 0821 143  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((Q(I, J, K) + C(I - 1, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) + ((T(I, J, K) - 2 * T(I, J, K + 1, K)) / (4 * RDEL)) - ((T(I, J, K) + 2 * T(I, J, K + 1, K)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) / ERATIO(I, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0822  
 ISN 0823 144  $WT(I, J, K) = W(I, J, K) - ZDEL * TDEL * (W(I, J, K) - WT(I, J, K)) * ASLEEL(I - 1, J, K) + (W(I, J, K) * 0.7 * E4 * ASLEEL(I - 1, J, K)) / W(I, J, K) - 7 * E4 * ASLEEL(I - 1, J, K)$   
 ISN 0824 2K)

ISN 0826  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((W(I, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) - ((T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) * RDEL) / (4 * RDEL + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I, J, K)$

ISN 0827  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((C(I) - 1, J, K) - Q(I, J, K)) / ZDEL + ((2 * T(I, J, K) - T(I, J, K + 1, K)) / (4 * RDEL)) - ((T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I) - 1, J, K) - TK(I - 1, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL) + ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I - 1, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0828  
 ISN 0829 146  $WT(I, J, K) = W(I, J, K) - ZDEL * TDEL * (W(I, J, K) - WT(I, J, K)) * ASLEEL(I - 1, J, K) + (W(I, J, K) * 0.7 * E4 * ASLEEL(I - 1, J, K)) / W(I, J, K) - 7 * E4 * ASLEEL(I - 1, J, K)$   
 ISN 0830 2K)

ISN 0832  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((W(I, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) - ((T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) * RDEL) / (4 * RDEL + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I, J, K)$

ISN 0833  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((C(I) - 1, J, K) - Q(I, J, K)) / ZDEL + ((2 * T(I, J, K) - T(I, J, K + 1, K)) * RDEL) / (4 * RDEL + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I) - 1, J, K) - TK(I - 1, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL) + ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I - 1, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0834  
 ISN 0835 964  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((W(I, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) + ((T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) * RDEL) / (4 * RDEL) - ((T(I, J, K) + 2 * T(I, J, K + 1, K)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0836  
 ISN 0837 974  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((W(I, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) + ((2 * T(I, J, K) - T(I, J, K + 1, K)) / (4 * RDEL)) - ((T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) * RDEL) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - 2 * TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0839 976  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((W(I, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) + ((T(I, J, K) - 2 * T(I, J, K + 1, K)) / (4 * RDEL)) - ((T(I, J, K) + 2 * T(I, J, K + 1, K)) * RDEL) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - 2 * TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0840  
 ISN 0841 978  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((W(I, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) + ((T(I, J, K) - T(I, J, K + 1, K)) / (4 * RDEL)) - ((T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) * RDEL) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - 2 * TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I, J, K)$   
 GO TO 150

ISN 0842  
 ISN 0843 930  $WT(I, J, K) = 0.1 * 0.2 * W(I, J, K) + 0.1 * 0.7 * ((Q(I, J, K) - C(I, J, K)) / ZDEL) + ((T(I, J, K) - T(I, J, K + 1, K)) / (4 * RDEL)) - ((T(I, J, K) + T(I, J, K + 1, K)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) + ((TK(I, J, K) - TK(I, J, K + 1)) / (4 * R + 0.5 * RDEL)) * ADEL(I, K)) * 2 / ERATIO(I, J, K)$

```

3(8*K+4*KDEL))+(2*TK(1,J,K)-TK(1+1,J,K+1))/(4*K+2*KDEL)*ADEL
4(K)))*2/RATIO(1,J,K)
ISN 0844      GO TO 150
ISN 0845      981 W(1,J,K)=01*02*W(1,J,K)+01*067*(U(1,J,K)-C(1,J,K))/ZUEL)+(T(1J
2(1+1,J,K)-2*T(1J(1,J+1,K))/(4*KDEL))-((T(1J(1+1,J,K)+2*T(1J(1,J+1,
5K))/18*K+4*KDEL))+(2*TK(1,J,K)-TK(1+1,J,K+1))/(4*K+2*KDEL)
4*ADEL(K)))/ERATIO(1,J,K)
ISN 0846      GO TO 150
ISN 0847      989 W(1,J,K)=01*02*W(1,J,K)+01*067*(U(1,J,K)+C(1-1,J,K)-C(1,J,K))/
ZUEL)+(T(1J(1,J,K)-2*T(1J(1,J+1,K))/(2*KDEL))-((T(1J(1,J,K)+2*T(1J(
3(1,J+1,K))/(4*K+2*KDEL)))+(TK(1,J,K)-2*TK(1,J,K+1))/(2*K+KDEL)
4*ADEL(K)))/ERATIO(1,J,K)
ISN 0848      GO TO 150
ISN 0849      990 W(1,J,K)=01*02*W(1,J,K)+01*067*(U(1,J,K)-C(1,J,K))/ZUEL)+(T(1J
2(1,J,K)-T(1J(1,J+1,K))/(2*KDEL))-((T(1J(1,J,K)+T(1J(1,J+1,K))/(4*K
3+2*KDEL)))+(2*TK(1,J,K)-TK(1+1,J,K+1))/(4*K+2*KDEL)*ADEL(K)))/
4*2/ERATIO(1,J,K)
ISN 0850      GO TO 150
ISN 0851      991 W(1,J,K)=01*02*W(1,J,K)+01*067*(U(1,J,K)+C(1-1,J,K)-C(1,J,K))/
ZUEL)+(T(1J(1,J,K)-2*T(1J(1,J+1,K))/(2*KDEL))-((T(1J(1,J,K)+2*T(1J
3(1,J+1,K))/(4*K+2*KDEL)))+(2*TK(1,J,K)-TK(1,J,K+1))/(2*K+KDEL)
4*ADEL(K)))/ERATIO(1,J,K)
ISN 0852      GO TO 150
ISN 0853      995 W(1,J,K)=01*02*W(1,J,K)+01*067*(U(1,J,K)+C(1-1,J,K)-C(1,J,K))/
ZUEL)+(T(1J(1,J,K)-2*T(1J(1,J+1,K))/(2*KDEL))-((T(1J(1,J,K)+2*T(1J
2(1,J+1,K))/(4*K+2*KDEL)))+(TK(1,J,K)-2*TK(1,J,K+1))/(2*K+KDEL)
4*ADEL(K)))/ERATIO(1,J,K)
ISN 0854      GO TO 150
ISN 0855      149 W(1,J,K)=0
ISN 0856      150 D(1,J,K)=D(1,J,K)+1000*W(1,J,K)*TBEL
ISN 0857      D(1,J,K)=D(1,J,K)+1000*W(1,J,K)*TUEL
ISN 0858      IF(D(1,J,K))571,570,571
ISN 0859      571 IF(D(1,J,K)-D(1,J,K))572,570,570
ISN 0860      572 W(1,J,K)=0.5*(W(1,J,K)+W(1,J,K))
ISN 0861      W(1,J,K)=W(1,J,K)
ISN 0862      D(1,J,K)=0.5*(D(1,J,K)+D(1,J,K))
ISN 0863      D(1,J,K)=D(1,J,K)
ISN 0864      570 CONTINUE
ISN 0865      DO 200 J=1,JM
ISN 0866      K=J-1*KDEL
ISN 0867      DO 200 J=1,1M
ISN 0868      DO 200 K=1,KM
ISN 0869      KDEL=KDEL(1,J,K)
ISN 0870      GO 1,015,1,151,199,199,160,151,151,151,151,151,199,
2161,199,199,199,151,151,151,168,168,199,
3171,172,199,151,151,179,151,151,199,151,
6151,199,151,151,155,151,151,151,151,
151,192,61,151,195,196,199,151,151,151,
0151,151,151,151,151,151,151,151,151,151,
7151,151,151,151,151,151,155,192,151,151,199,
8199,151,151,151,151,151,151,151,199,151,
9151,151,199,199,151,151,151,151,151,
A151,199,151,151,151,151,151,151,151,151,
ISN 0871      151 X=(U(1,J,K)-U(1,J+1,K))/KDEL
ISN 0872      Y=(U(1,J,K)+U(1,J+1,K))/2)-(V(1,J,K)-V(1,J,K+1))/ADEL(K))/(K+
20*5*KDEL)
ISN 0873      Z=(W(1,J,K)-W(1+1,J,K))/ZUEL
ISN 0874      152 A(1,J,K)=A(1,J,K)+(60*K)-(64*Y)+(64*Z)*ERATIO(1,J,K)

```





ISN 0929 GU TO 250  
 ISN 0930 202 IF (KDEL(I,J-1,K).EQ.1) GU TO 215  
 ISN 0932 GU TO 201  
 ISN 0933 215 T1(J,I,J,K)=T1(J,I,J,K)+0.5\*(U(I,I-1,J,K)-U(I,J,K))/ZDEL  
 2\*(W(I,I,J-1,K)-W(I,J,K))/RDEL)+ERAT(U(I,J,K))  
 ISN 0934 GU TO 250  
 ISN 0935 238 T1(J,I,J,K)=T1(J,I,J,K)+0.5\*(U(I,I-1,J,K)-U(I,J,K))/ZDEL+0.5\*(  
 2\*W(I,J-1,K)+W(I,I,J-1,K)-W(I,J,K))/RDEL)+ERAT(U(I,J,K))  
 ISN 0936 GU TO 250  
 ISN 0937 241 T1(J,I,J,K)=T1(J,I,J,K)+0.5\*0.5\*(U(I,I-1,J,K)-U(I,J,K))/ZDEL  
 2\*(W(I,I,J-1,K)-W(I,J,K))/RDEL)+ERAT(U(I,J,K))  
 ISN 0938 GU TO 250  
 ISN 0939 242 T1(J,I,J,K)=T1(J,I,J,K)+0.5\*(U(I,I-1,J,K)-0.5\*(U(I,J,K)  
 2\*W(I,J,K)))/ZDEL+0.5\*(W(I,J-1,K)-W(I,J,K))/RDEL)+  
 3ERAT(U(I,J,K))  
 ISN 0940 GU TO 250  
 ISN 0941 249 T1(J,I,J,K)=0  
 ISN 0942 250 CONTINUE  
 ISN 0943 JU 300 J=4,JM  
 ISN 0944 R=(J-1)\*RDEL  
 ISN 0945 JU 300 I=1,IM  
 ISN 0946 DU 300 K=2,KM  
 ISN 0947 KUD=KUD(I,J,K)  
 ISN 0948 GU TO 250  
 2299,299,299,299,299,299,299,251,268,299,299,  
 3299,268,268,251,251,299,268,251,299,252,  
 4251,299,299,251,251,251,251,299,299,  
 5299,251,251,299,299,268,299,268,299,268,  
 6268,299,299,299,299,299,299,299,299,299,  
 7299,299,299,299,299,299,251,251,299,299,  
 8299,268,251,251,299,251,299,251,299,251,  
 9251,268,299,299,268,268,251,251,251,  
 K251,299,268,299,251,2681,KUD  
 ISN 0949 251 TJK(I,J,K)=TJK(I,J,K)+0.5\*(V(I,I,J-1,K)-V(I,J,K))/RDEL-(V(I,J-1,K)  
 2)\*V(I,J,K))/(2\*K))+((U(I,J,K-1)-U(I,J,K))/(K\*0.5\*(ADEL(K)+ADEL  
 3(K-1)))))+ERAT(U(I,J,K))  
 ISN 0950 GU TO 300  
 ISN 0951 252 IF (KDEL(I,J-1,K).EQ.1) GU TO 299  
 ISN 0953 GU TO 251  
 ISN 0954 268 TJK(I,J,K)=TJK(I,J,K)+0.5\*0.5\*(V(I,I,J-1,K)-V(I,J,K))/RDEL-(V(I,  
 2J-1,K)+V(I,J,K))/(2\*K))+((U(I,J,K-1)-U(I,J,K))/(K\*0.5\*(ADEL(K)+  
 3ADEL(K-1)))))+ERAT(U(I,J,K))  
 ISN 0955 GU TO 300  
 ISN 0956 299 TJK(I,J,K)=0  
 ISN 0957 300 CONTINUE  
 ISN 0958 JU 350 J=3,JM  
 ISN 0959 R=(J-1)\*RDEL  
 ISN 0960 JU 350 I=1,IM  
 ISN 0961 DU 350 K=2,KM  
 ISN 0962 KUD=KUD(I,J,K)  
 ISN 0963 GU TO 300  
 2349,347,347,349,301,301,301,347,349,349,  
 3301,301,347,301,301,349,301,301,329,301,  
 4301,349,279,301,301,345,349,301,349,349,  
 5349,301,301,349,349,349,349,349,349,349,  
 6347,347,349,349,349,349,349,301,349,  
 7349,349,349,349,349,301,301,349,301,349,  
 8349,347,29,349,349,349,329,349,329,329

```

9329,301,349,349,301,301,301,301,301,329,
X301,349,349,349,329,349)KUD
ISN 0964 301 TK(11,J,K)=TK(11,J,K)+0.5*((V(11-1,J,K)-V(11,J,K))/ZDEL)+(W(1,J,
ZK-1)-W(1,J,K))/(1+0.5*KDEL)*0.5*(ADEL(K)+ADEL(K-1)))*LRATIO
311,J,K)
ISN 0965 GO TO 350
ISN 0966 329 IF (MODE(1,J-1,K).EQ.14) GO TO 301
ISN 0968 TK(11,J,K)=TK(11,J,K)+0.5*((V(11-1,J,K)-V(11,J,K))/ZDEL)+
2*(W(1,J,K-1)-W(1,J,K))/(1+0.5*KDEL)*0.5*(ADEL(K)+ADEL
(K-1)))*LRATIO(1,J,K)
GO TO 350
ISN 0969 349 TK(11,J,K)=0
ISN 0970 350 CONTINUE
ISN 0971 450 CONTINUE
ISN 0972 DO 631 J=1,121
ISN 0973 631 LINE(J)=SYMBOL(11)
ISN 0974 IF (NN=10) 634,635,635
ISN 0975 634 LINE(61)=SYMBOL(12)
ISN 0976 GO TO 636
ISN 0977 635 LINE(61)=SYMBOL(13)
ISN 0978 NN=N+1
ISN 0979 636 J1=10*(I(11,1,J1,K1)+6)+1.5
ISN 0980 IF (J1.LT.1,000,1,67,121) GO TO 632
ISN 0981 LINE(J1)=SYMBOL(14)
ISN 0982 637 J2=10*(W(11,2,J2,K2)+6)+1.5
ISN 0983 IF (J2.LT.1,000,1,67,121) GO TO 633
ISN 0984 LINE(J2)=SYMBOL(15)
ISN 0985 633 WRITE (6,637) LINE
ISN 0986 NN=N+1
ISN 0987 451 CONTINUE
ISN 0988 WRITE (6,631) N
ISN 0989 WRITE (6,632) I(1,J1,K1),I(2,J2,K2)
ISN 0990 612 FORMAT (10C,5X,'1=RADIAL VELOCITY AT (',12,'°,12,'°,12,'°)',
20A,'2=VERTICAL VELOCITY AT (',12,'°,12,'°,12,'°)')
ISN 0991 452 CALL MATPRN(U,1,24)
ISN 0992 CALL MATPRN(W,1,25)
ISN 0993 CALL MATPRN(V,1,26)
ISN 0994 CALL MATPRN(U,1,3)
ISN 0995 CALL MATPRN(W,1,9)
ISN 0996 CALL MATPRN(U,1,10)
ISN 0997 CALL MATPRN(U,1,11)
ISN 0998 CALL MATPRN(V,1,21)
ISN 0999 CALL MATPRN(A,1,12)
ISN 1000 CALL MATPRN(C,1,13)
ISN 1001 CALL MATPRN(S,1,17)
ISN 1002 CALL MATPRN(TJ,1,14)
ISN 1003 CALL MATPRN(TJK,1,22)
ISN 1004 CALL MATPRN(TK,1,23)
ISN 1005 CALL MATPRN(TP,1,1)
ISN 1006 CALL MATPRN(TQ,1,2)
ISN 1007 CALL MATPRN(S,1,15)
ISN 1008 WRITE (11) DU,DUL,DW,DWT,DV,A,B,C,TIJ,TJK,TK,PT,PS,KDEL,LRATIO
ISN 1009 WRITE (6,640)
ISN 1010 640 FORMAT (7/4X,'TAPE WRITTEN',/)
ISN 1011 DO 404 I=1,IM
ISN 1012 DO 404 J=1,JM
ISN 1013 DO 404 K=1,KM
ISN 1014 IF (DUL(1,J,K).EQ.0.AND.UNIT(1,J,K).EQ.0) GO TO 403

```

```
ISN 1019      IF(DUL(I,J,K).EQ.0) GO TO 401
ISN 1021      IF (DWT (I,J,K).EQ.0) GO TO 402
ISN 1023      A(I,J,K)=DUL(I,J,K)-DUL(I,J,K)
ISN 1024      C(I,J,K)=DWT(I,J,K)-DWT(I,J,K)
ISN 1025      GO TO 404
ISN 1026      401 C(I,J,K)=DWT(I,J,K)-DWT(I,J,K)
ISN 1027      A(I,J,K)=0
ISN 1028      GO TO 404
ISN 1029      402 A(I,J,K)=DUL(I,J,K)-DUL(I,J,K)
ISN 1030      C(I,J,K)=0
ISN 1031      GO TO 404
ISN 1032      403 A(I,J,K)=0
ISN 1033      C(I,J,K)=0
ISN 1034      404 CONTINUE
ISN 1035      CALL MATPRT(C,1,16)
ISN 1036      CALL MATPRT(A,1,17)
ISN 1037      STOP
ISN 1038      END
```

LEVEL 21.7 ( JAN 73 )

(S/360) FORTRAN H

```

COMPILEK OPTIONS - NAME= MAIN,OPT=00,LINECNT=60,SIZE=0000K,
                  SOURCE,EBUCDIC,NOLIST,NOULCR,LOAD,MAP,NOEDIT,NOIU,NOXREF
ISN 0002      SUBROUTINE MATPR1A,IATE1,NAME)
ISN 0003      DIMENSION NNI(27),A11(8,13,8)
ISN 0004      COMMON IM,JM,KM
ISN 0005      GO SUB A=1,KM
ISN 0006      GO TO (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,
                23,24,25,26),NAME
ISN 0007      1 WRITE(6,500)
ISN 0008      GO TO 600
ISN 0009      500 FORMAT(//,3X,'RADIAL LOADS',//)
ISN 0010      2 WRITE(6,501)
ISN 0011      GO TO 600
ISN 0012      501 FORMAT(//,3X,'VERTICAL LOADS',//)
ISN 0013      3 WRITE(6,502)
ISN 0014      GO TO 600
ISN 0015      502 FORMAT(//,3X,'NODE',//)
ISN 0016      4 WRITE(6,503)
ISN 0017      GO TO 600
ISN 0018      503 FORMAT(//,3X,'RATIO',//)
ISN 0019      5 WRITE(6,504)
ISN 0020      GO TO 600
ISN 0021      504 FORMAT(//,3X,'SLIP',//)
ISN 0022      6 WRITE(6,505)
ISN 0023      GO TO 600
ISN 0024      505 FORMAT(//,3X,'ASTER',//)
ISN 0025      7 WRITE(6,506)
ISN 0026      GO TO 600
ISN 0027      506 FORMAT(//,3X,'HOOP STRESSES',//)
ISN 0028      8 WRITE(6,507)
ISN 0029      GO TO 600
ISN 0030      507 FORMAT(//,3X,'VERTICAL DISPLACEMENTS * 1000',//)
ISN 0031      9 WRITE(6,508)
ISN 0032      GO TO 600
ISN 0033      508 FORMAT(//,3X,'VERTICAL DISPLACEMENTS TOP OF CRACK * 1000',//)
ISN 0034      10 WRITE(6,509)
ISN 0035      GO TO 600
ISN 0036      509 FORMAT(//,3X,'RADIAL DISPLACEMENTS * 1000',//)
ISN 0037      11 WRITE(6,510)
ISN 0038      GO TO 600
ISN 0039      510 FORMAT(//,3X,'RADIAL DISPLACEMENTS LEFT OF CRACK * 1000',//)
ISN 0040      12 WRITE(6,511)
ISN 0041      GO TO 600
ISN 0042      511 FORMAT(//,3X,'RADIAL STRESSES',//)
ISN 0043      13 WRITE(6,512)
ISN 0044      GO TO 600
ISN 0045      512 FORMAT(//,3X,'VERTICAL STRESSES',//)
ISN 0046      14 WRITE(6,513)
ISN 0047      GO TO 600
ISN 0048      513 FORMAT(//,3X,'SHEAR STRESS IN RADIAL PLANE',//)
ISN 0049      15 WRITE(6,514)
ISN 0050      GO TO 600
ISN 0051      514 FORMAT(//,3X,'TANGENTIAL LOADS')
ISN 0052      16 WRITE(6,515)
ISN 0053      GO TO 600
ISN 0054      515 FORMAT(//,3X,'WIDTH OF HORIZONTAL CRACKS * 1000',//)
ISN 0055      17 WRITE(6,516)
ISN 0056      GO TO 600

```

```

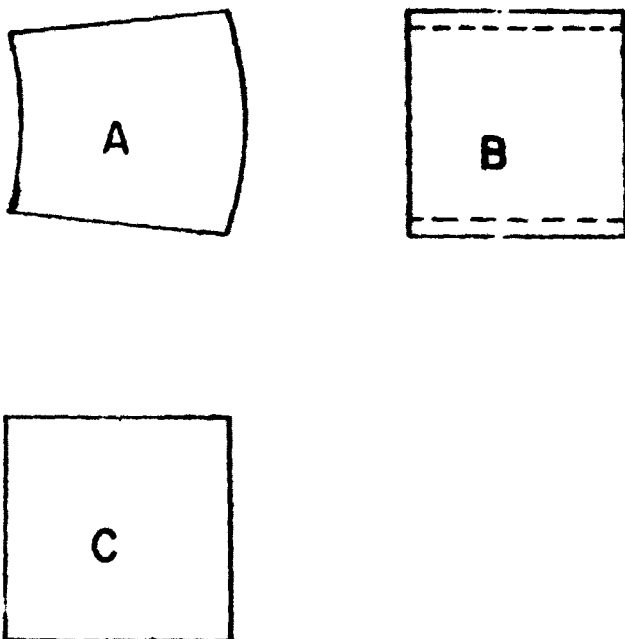
ISN 0057      516 FORMAT(//,3X,'WIDTH OF VERTICAL CRACKS * 1000 ',//)
ISN 0058      10 WRITE(6,517)
ISN 0059      517 FORMAT(//,3X,'TOTAL WIDTH OF RADIAL CRACKS * 1000')
ISN 0060      GO TO 600
ISN 0061      19 WRITE(6,518)
ISN 0062      518 FORMAT(//,3X,'PRINCIPAL TENSILE STRESS',//)
ISN 0063      GO TO 600
ISN 0064      20 WRITE(6,519)
ISN 0065      519 FORMAT(//,3X,'ASTELL',//)
ISN 0066      GO TO 600
ISN 0067      21 WRITE(6,520)
ISN 0068      520 FORMAT(//,3X,'TANGENTIAL DISPLACEMENT * 1000',//)
ISN 0069      GO TO 600
ISN 0070      22 WRITE(6,521)
ISN 0071      521 FORMAT(//,3X,'SHEAR STRESS IN HORIZONTAL PLANE',//)
ISN 0072      GO TO 600
ISN 0073      23 WRITE(6,522)
ISN 0074      522 FORMAT(//,3X,'SHEAR STRESS IN TANGENTIAL PLANE',//)
ISN 0075      GO TO 600
ISN 0076      24 WRITE(6,523)
ISN 0077      523 FORMAT(//,3X,'RADIAL VELOCITIES',//)
ISN 0078      GO TO 600
ISN 0079      25 WRITE(6,524)
ISN 0080      524 FORMAT(//,3X,'VERTICAL VELOCITIES',//)
ISN 0081      GO TO 600
ISN 0082      26 WRITE(6,525)
ISN 0083      525 FORMAT(//,3X,'TANGENTIAL VELOCITIES',//)
ISN 0084      GO TO 600
ISN 0085      600 GO TO J-1,J-1
ISN 0086      601 CONTINUE
ISN 0087      J2=10
ISN 0088      N3=1
ISN 0089      N4=10
ISN 0090      WRITE(6,900) N
ISN 0091      40 WRITE(6,901)
ISN 0092      WRITE(6,902) (N+J), J=1,5,N+1
ISN 0093      WRITE(6,903)
ISN 0094      J1=10+J-1
ISN 0095      J1=10+J-1
ISN 0096      (F10(J),J=1) 50,50,50
ISN 0097      601 CONTINUE
ISN 0098      GO TO 602
ISN 0099      300 WRITE(6,1000)
ISN 0100      601 WRITE(6,1001) J,(A1),J=1,5,N+1
ISN 0101      GO TO 602
ISN 0102      40 WRITE(6,1002) J,(A1),J=1,5,N+1
ISN 0103      602 CONTINUE
ISN 0104      (F10(J)-J) 50,50,50
ISN 0105      60 WRITE(6,10)
ISN 0106      (F10(J)-J) 50,50,50
ISN 0107      50 WRITE(6)
ISN 0108      N3=N3+10
ISN 0109      N4=N4
ISN 0110      GO TO 40
ISN 0111      30 WRITE(6,10)
ISN 0112      N4=N4+10
ISN 0113      GO TO 40
ISN 0114      605 CONTINUE

```

```
ISN 0115      1000 FORMAT(3X,      12,6X,10(13,9X))
ISN 0116      2000 FORMAT(3X,      12,2X,10(F10.3,2X))
ISN 0117      3000 FORMAT(14X, 9(12,10X),12)
ISN 0118      4000 FORMAT(//)
ISN 0119      5000 FORMAT ( 5X, 'N=', 11,)
ISN 0120      70 RETURN
ISN 0121      END
```

## APÊNDICE A

Neste Apêndice serão apresentadas as 98 câdigos que constam de listagem, com suas respectivas equações. Cada bloco será apresentado em três posições, conforme a figura seguinte.



Posição A – Vista em planta.

Posição B – Vista lateral com o observador colocado na posição radial, de fora para dentro do vaso.

Posição C – Vista frontal.

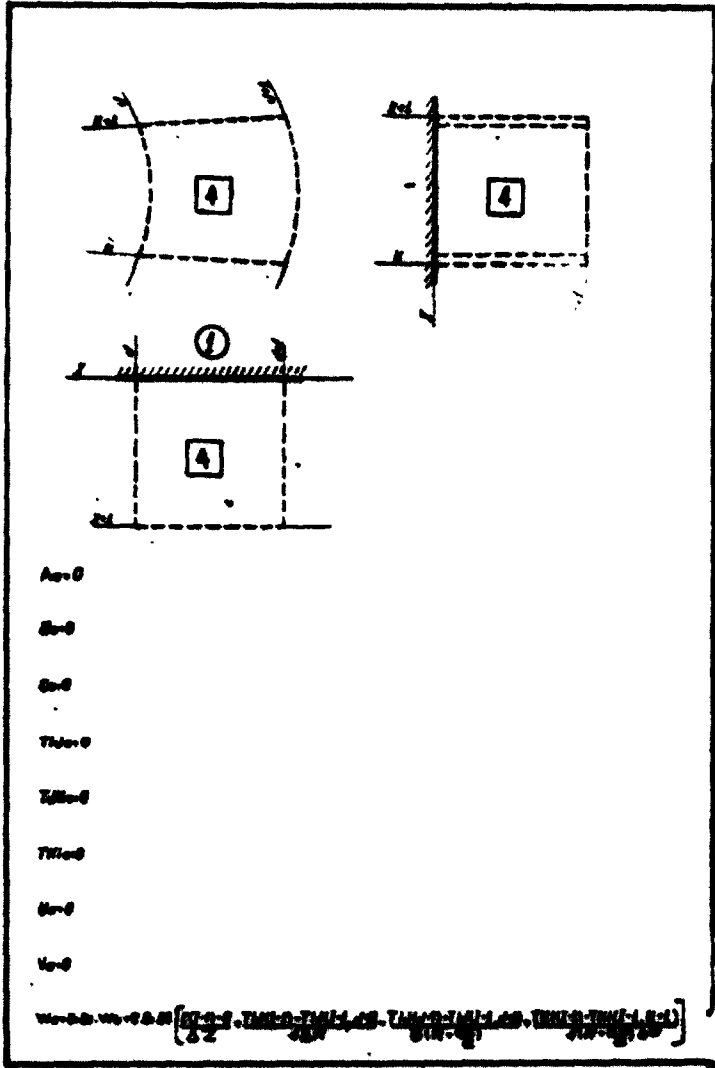
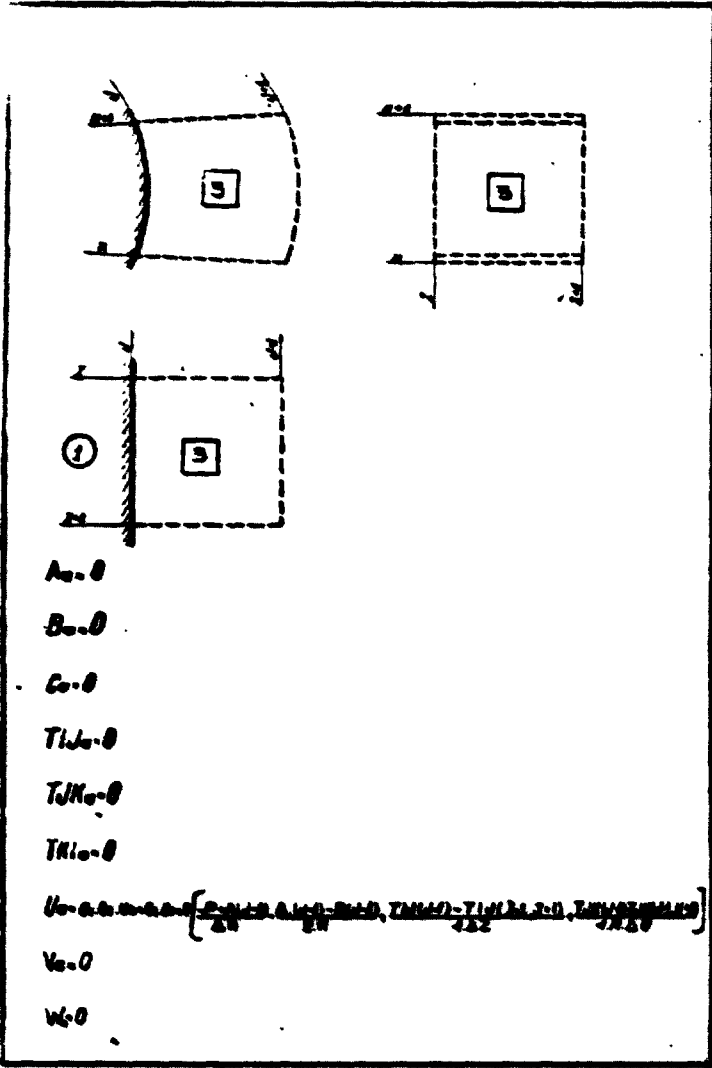
Adotaram-se as seguintes convenções:

- a) O número do código em estudo surgirá sempre inscrito em um pequeno retângulo, enquanto seus vizinhos, quando houver necessidade, serão apresentados inscritos em círculos.
- b) A palavra opcional indica que o contorno geométrico poderá seguir de forma exclusiva uma das possibilidades apresentadas, sem que sejam alteradas as equações referentes ao código.
- c) Os contornos geométricos, quando necessários, serão indicados por uma linha cheia, ladeada por pequenas hachuras ( / / / / ), voltadas para o lado que contém o material.
- d) Os planos que cortam regiões onde não existe material (blocos fictícios), serão sistematicamente representados por uma linha pontilhada ( - - - - ).



$A_0 = A_0 \cdot G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \right] - \frac{G_0}{(A_0 \Delta R)^2} \left[ \frac{U - U_0}{2} \cdot V - V_0 \right] + G_0 \left[ \frac{W - W_0}{\Delta Z} \right]$   
 $B_0 = G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \right] + \frac{G_0}{A_0 \Delta R} \left[ \frac{U - U_0}{2} \cdot V - V_0 \right] + G_0 \left[ \frac{W - W_0}{\Delta Z} \right]$   
 $C_0 = G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \right] - \frac{G_0}{A_0 \Delta R} \left[ \frac{U - U_0}{2} \cdot V - V_0 \right] + G_0 \left[ \frac{W - W_0}{\Delta Z} \right]$   
 $T_{11} = T_{11} + G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \cdot V - V_0 + \frac{W - W_0}{\Delta Z} \right]$   
 $T_{12} = T_{12} + G_0 \left[ \frac{V - V_0}{\Delta R} - \frac{V_0}{2R} + \frac{U - U_0}{R \cos(\alpha - \alpha_0)} \right]$   
 $T_{13} = T_{13} + G_0 \left[ \frac{V - V_0}{\Delta R} + \frac{W - W_0}{\Delta Z} \right]$   
 $U_0 = G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \right] + \frac{G_0}{2R} \left[ \frac{U - U_0}{2} \cdot V - V_0 \right] + \frac{T_{11} - T_{11}^0}{R \Delta R}$   
 $V_0 = G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \right] + \frac{G_0}{2R} \left[ \frac{U - U_0}{2} \cdot V - V_0 \right] + \frac{T_{12} - T_{12}^0}{R \Delta R}$   
 $W_0 = G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \right] + \frac{G_0}{\Delta Z} \left[ \frac{U - U_0}{2} \cdot V - V_0 \right] + \frac{T_{13} - T_{13}^0}{\Delta Z}$

$A_0 = \text{normal}$   
 $B_0 = \text{normal}$   
 $C_0 = \text{normal}$   
 $T_{11} = 0$   
 $T_{12} = \text{normal}$   
 $T_{13} = 0$   
 $U_0 = \text{normal}$   
 $V_0 = \text{normal}$   
 $W_0 = G_0 \left[ \frac{U - U_0}{\Delta R} \right] + \frac{G_0}{2R} \left[ \frac{U - U_0}{2} \cdot V - V_0 \right] + \frac{T_{12} - T_{12}^0}{R \Delta R}$

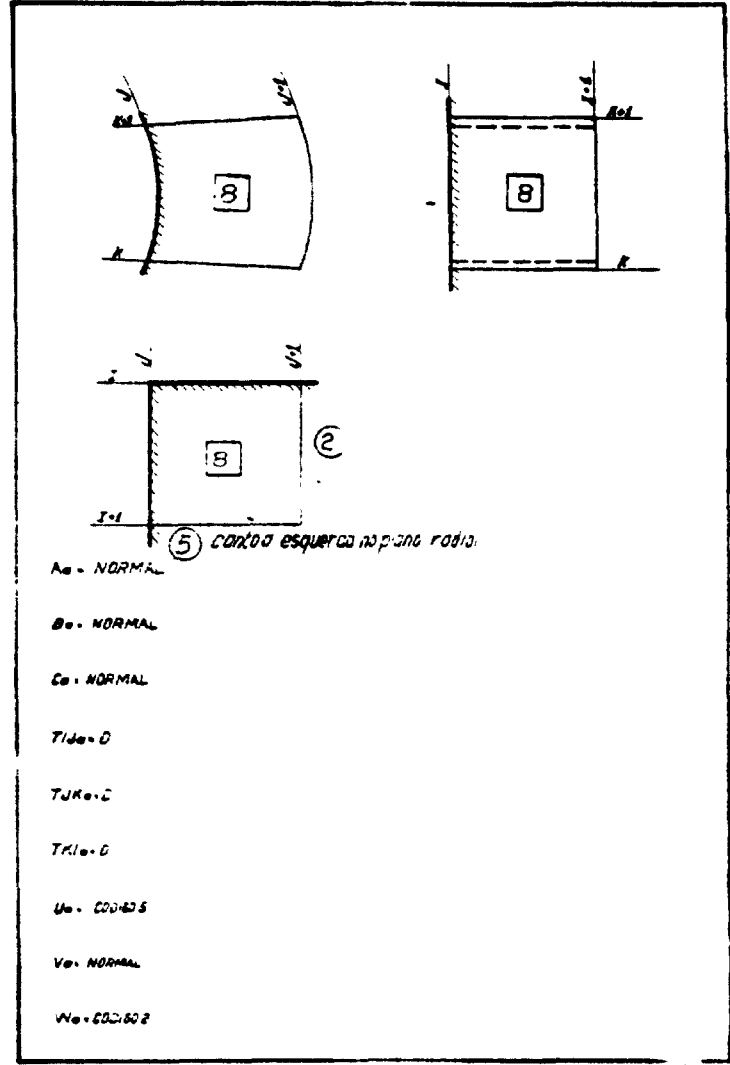
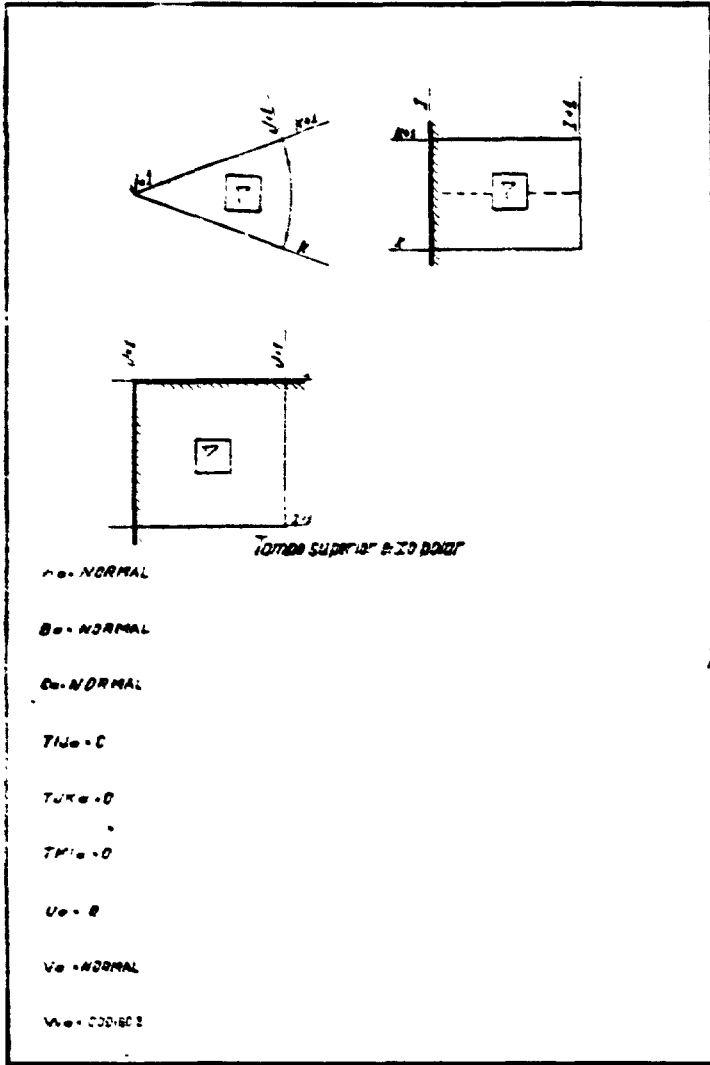


$A_0 = \text{NORMAL}$   
 $B_0 = \text{NORMAL}$   
 $C_0 = \text{NORMAL}$   
 $T_{0x} = 0$   
 $T_{0y} = 0$   
 $T_{0z} = \text{NORMAL}$   
 $D_0 = \text{NORMAL}$   
 $V_0 = \text{NORMAL}$   
 $W_0 = \text{NORMAL}$

*conforme de lado esquerdo (para frente com a base virada)*

$A_0 = \text{NORMAL}$   
 $B_0 = \text{NORMAL}$   
 $C_0 = \text{NORMAL}$   
 $T_{0x} = 0$   
 $T_{0y} = 0$   
 $T_{0z} = 0$   
 $D_0 = 0$   
 $V_0 = \text{NORMAL}$   
 $W_0 = \text{NORMAL}$

*Distorcional no eixo pair*



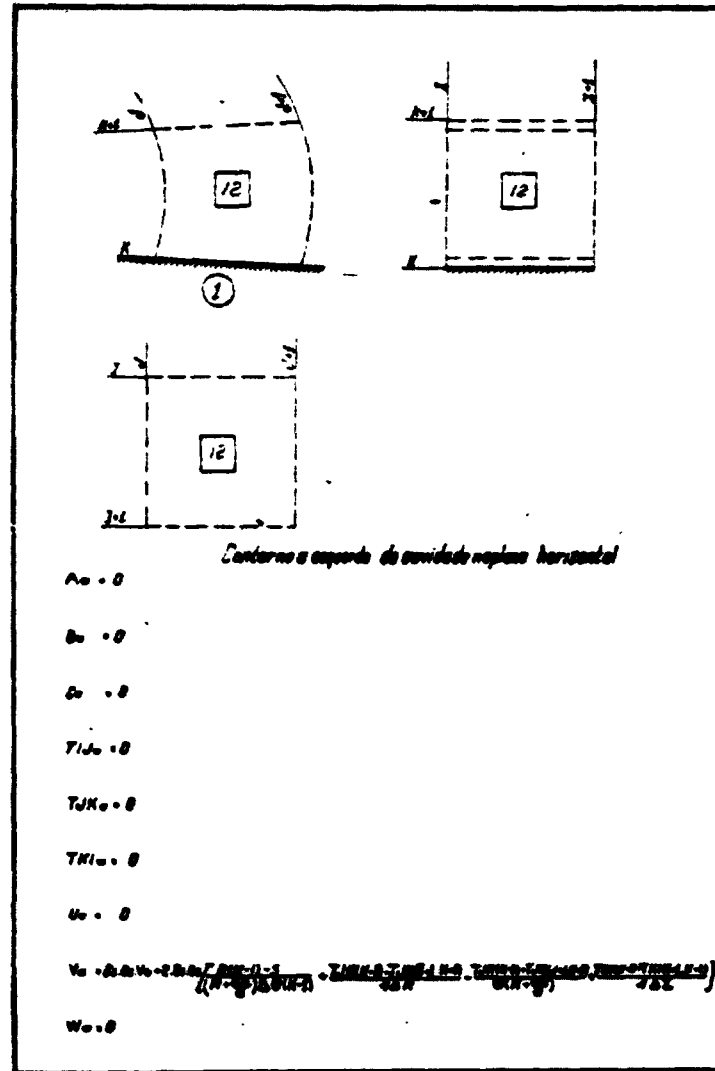
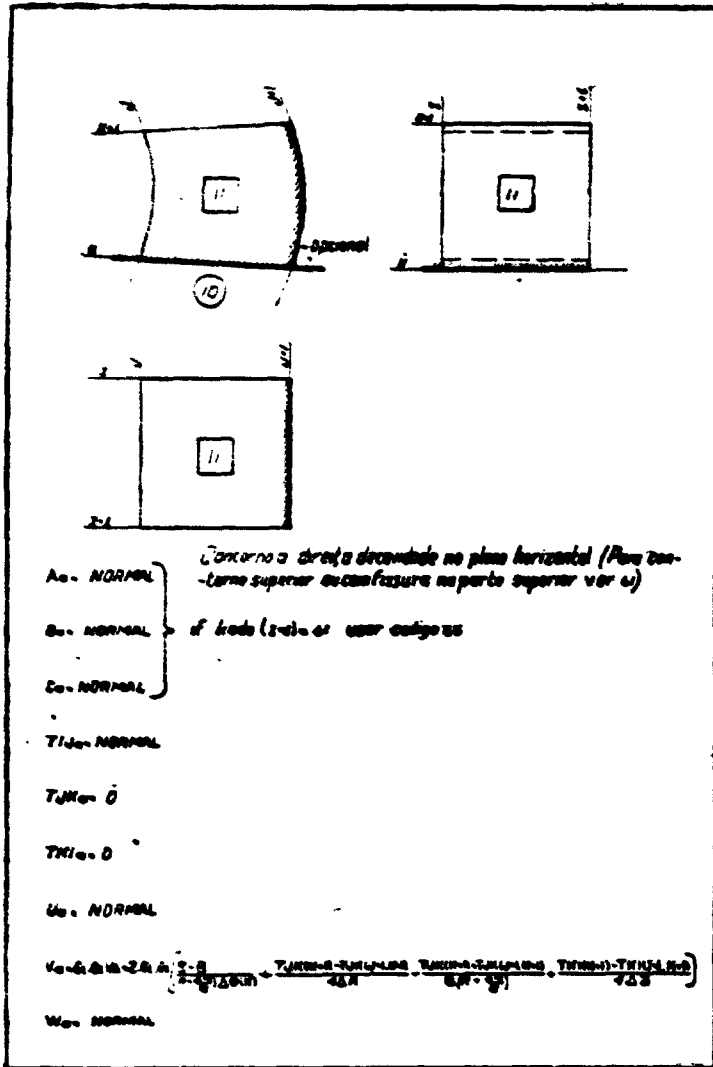
*cond. reentrante no plano radial*

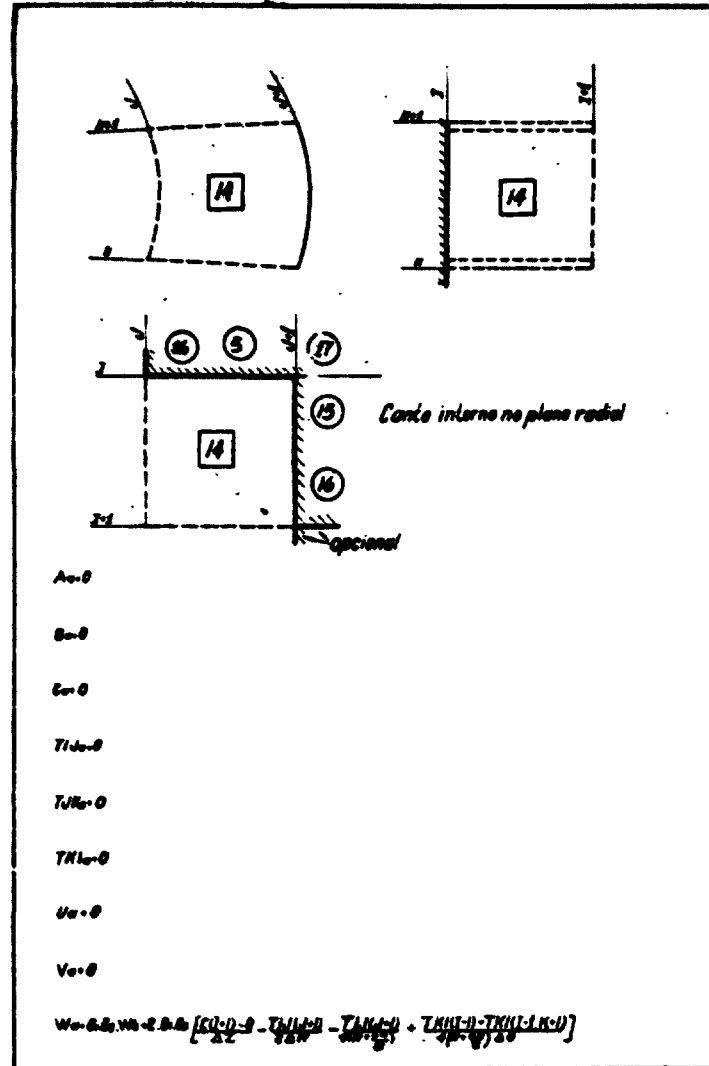
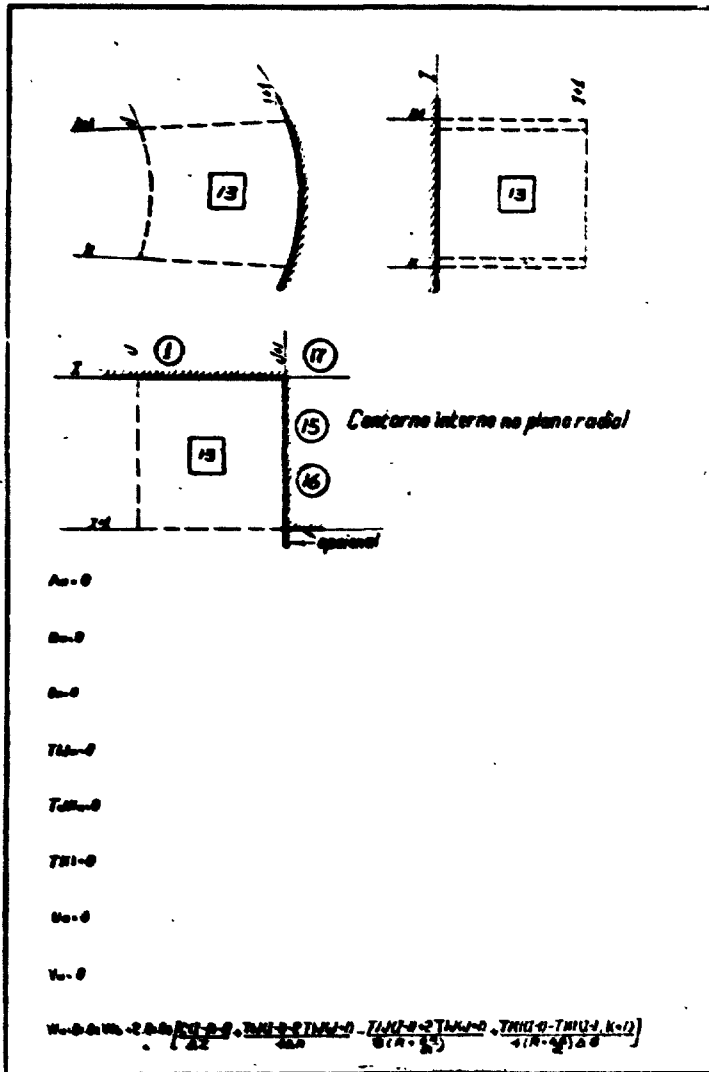
$A_n = \text{NORMAL}$   
 $B_n = \text{NORMAL}$   
 $C_n = \text{NORMAL}$   
 $T_{1n} = \text{CONDOP-15}$   
 $T_{7n} = \text{NORMAL}$   
 $T_{8n} = 0$

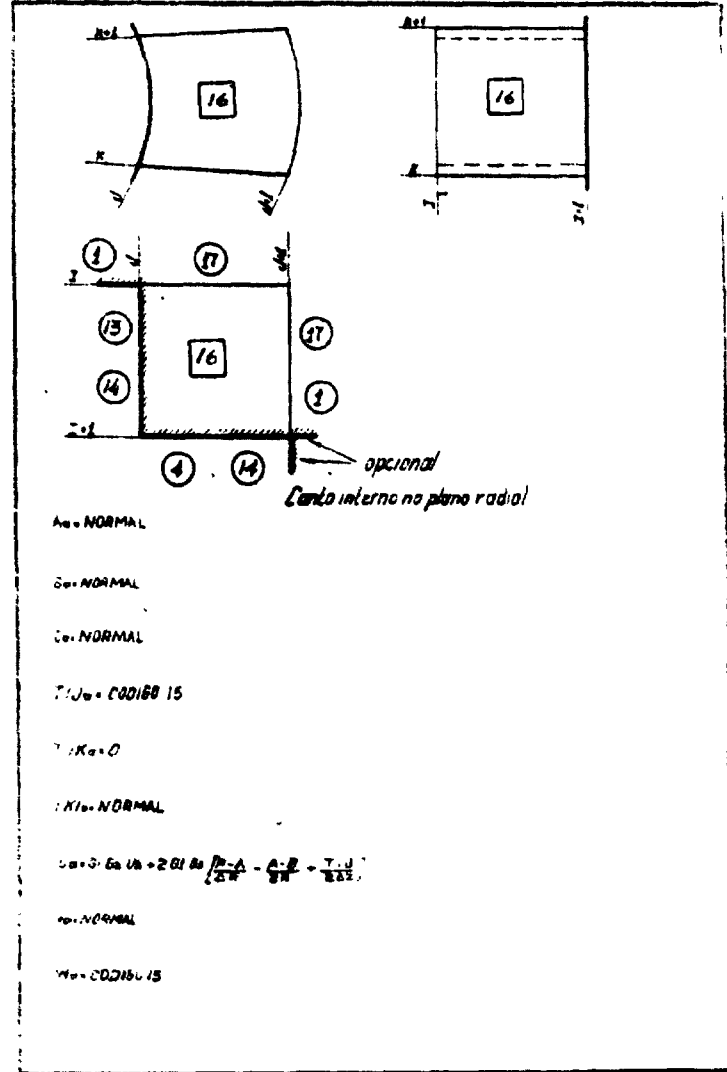
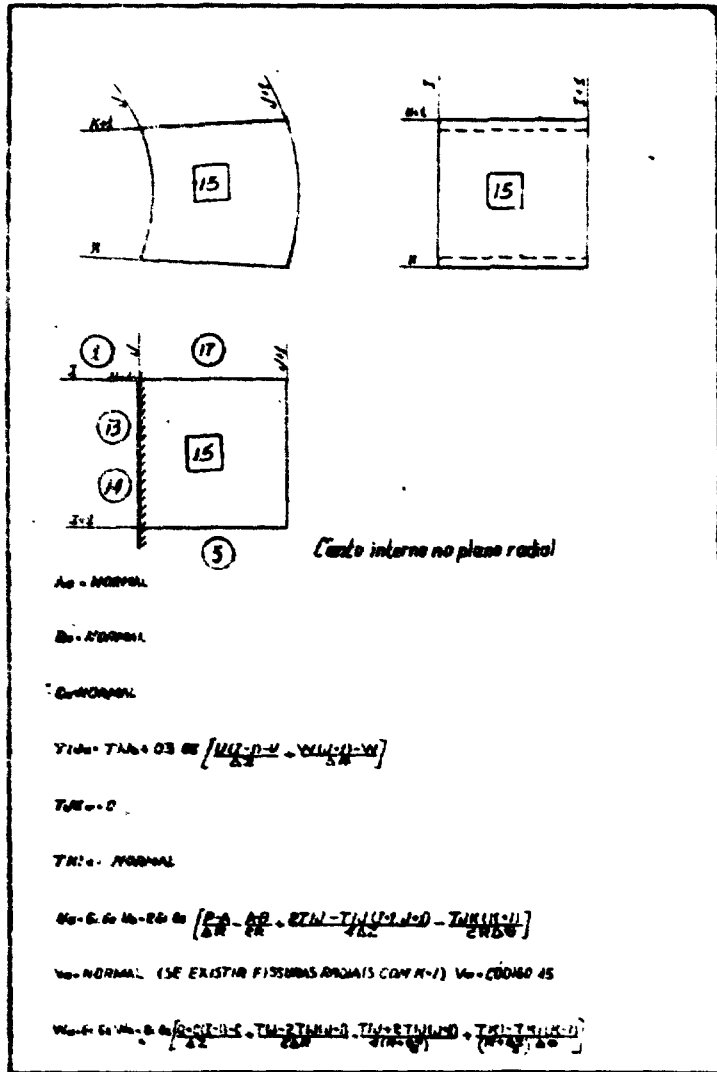
$$U_n = G \cdot G_n \cdot G_n \left[ \frac{P \cdot A_n \cdot R_n - 1}{A_n \cdot R_n} \left( \frac{A_n \cdot R_n \cdot E \cdot J_n}{2 \cdot R_n} \right) \frac{1}{R_n} \cdot T_{1n} \cdot J_n \cdot T_{7n} \cdot T_{8n} \cdot (n-1) \right]$$

$V_n = \text{NORMAL}$   
 $W_n = \frac{61.62 \cdot W_n \cdot 161.63 \left[ \frac{R_n - C_n}{A_n \cdot R_n} + \frac{2 \cdot T_{1n} \cdot T_{7n} \cdot (J_n + J_{n+1})}{A_n \cdot A_n \cdot R_n} - \frac{2 \cdot T_{1n} \cdot J_n + T_{7n} \cdot (J_n + J_{n+1})}{B_n \cdot A_n \cdot R_n} \right]}{(A_n \cdot R_n + 2 \cdot A_n) \cdot A_n} \cdot 2$

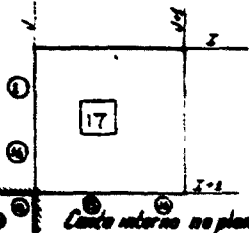
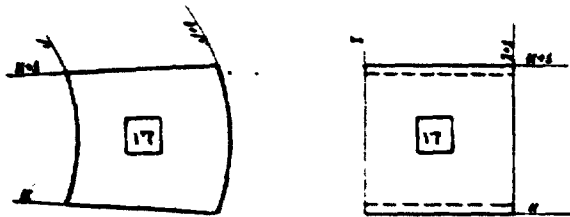
$A_n = 0$   
 $B_n = 0$   
 $C_n = 0$   
 $T_{1n} = 0$   
 $T_{7n} = 0$   
 $T_{8n} = 0$   
 $U_n = 0$   
 $V_n = 0$   
 $W_n = 0$











*Caso interno no plano radial*

A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1J0</sub> - NORMAL

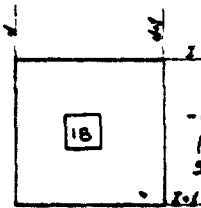
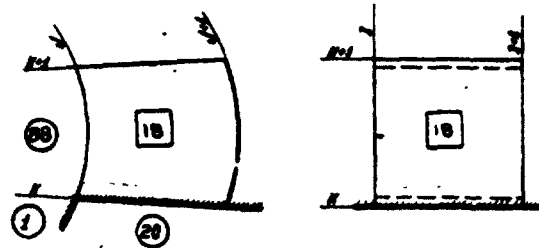
T<sub>1K0</sub> - NORMAL

T<sub>1L0</sub> - NORMAL

$$B_0 - B_0 \cdot B_0 \cdot B_0 \left[ \frac{P_0 \cdot Q_0 \cdot R_0}{S_0} - \frac{1}{S_0} (A_0 \cdot U_0 - B_0 \cdot V_0) \right] \cdot \frac{2 \cdot T_{1N} - T_{1M} \cdot Q_0}{S_0} \cdot \frac{T_{1K} - T_{1L} \cdot Q_0}{S_0}$$

V<sub>0</sub> - NORMAL

W<sub>0</sub> - NORMAL



*- Caso interno no plano horizontal -  
(Para contorno superior ou fissura na parte superior veja 51 para junção com a base veja 72)*

A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1J0</sub> - NORMAL

$$T_{1K0} = T_{1K} + B_0 \cdot B_0 \left[ \frac{V_0 \cdot U_0 - Y_0 \cdot V_0 \cdot Q_0}{S_0} + \frac{U_0 \cdot (N_0 - U_0)}{N_0 \cdot (S_0 \cdot \cos^2 \alpha_0 + \sin^2 \alpha_0)} \right]$$

T<sub>1L0</sub> - NORMAL

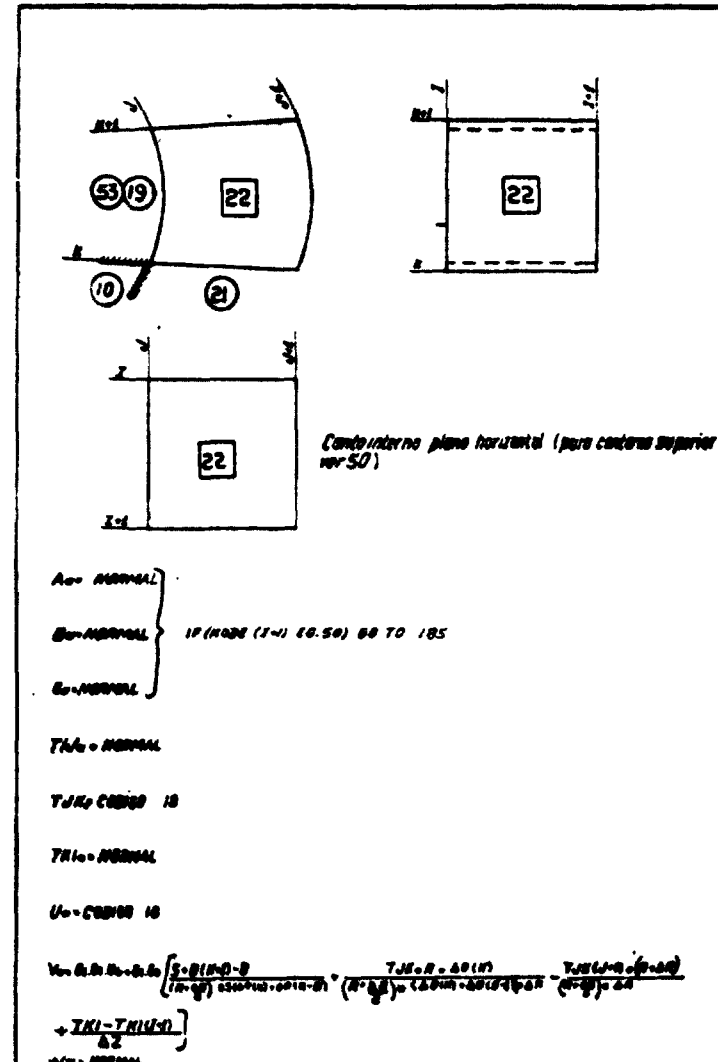
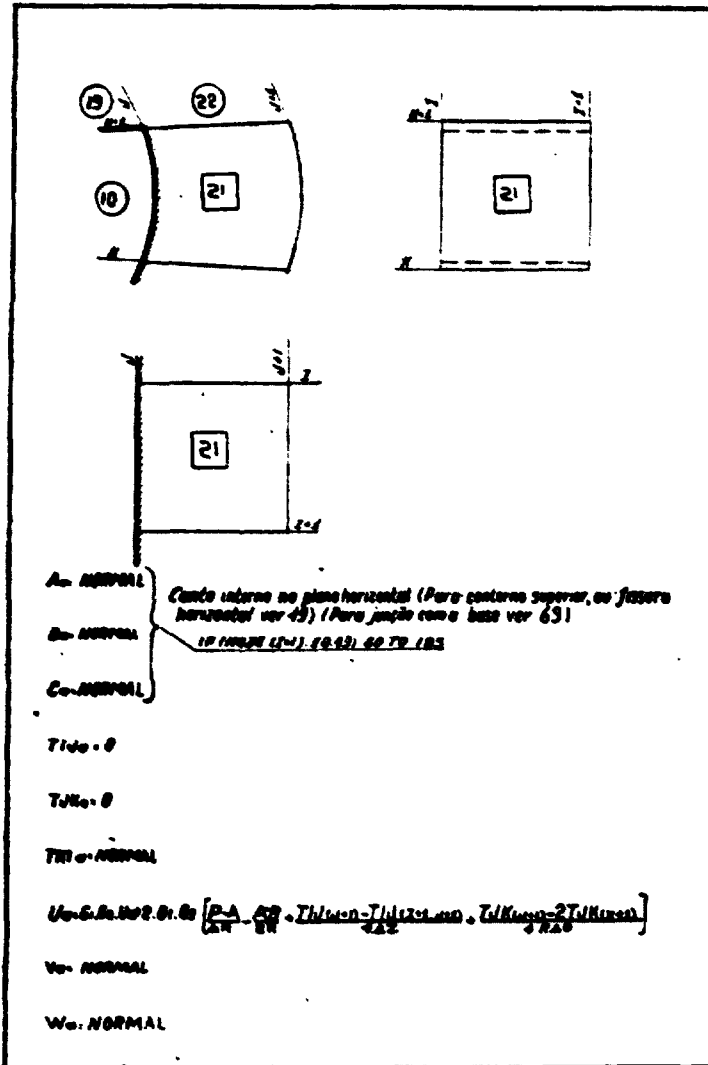
$$B_0 - B_0 \cdot B_0 \cdot B_0 \left[ \frac{P_0 \cdot Q_0 \cdot R_0}{S_0} - \frac{1}{S_0} (A_0 \cdot U_0 - B_0 \cdot V_0) \right] \cdot \frac{2 \cdot T_{1N} - T_{1M} \cdot Q_0}{S_0} \cdot \frac{T_{1K} - T_{1L} \cdot Q_0}{S_0}$$

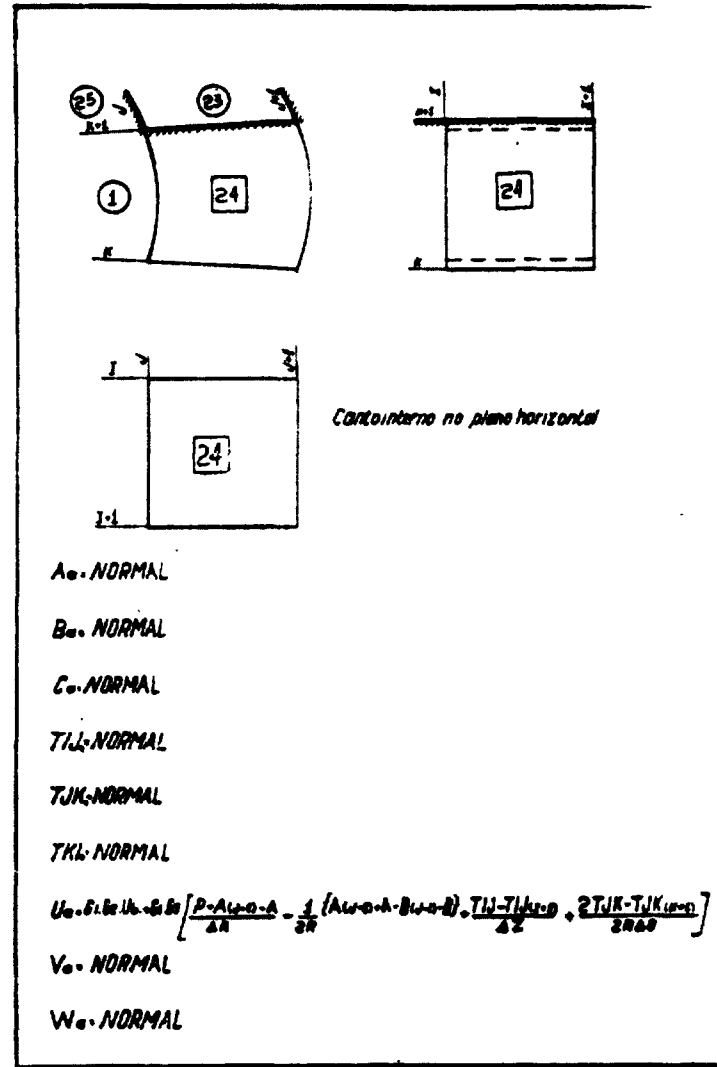
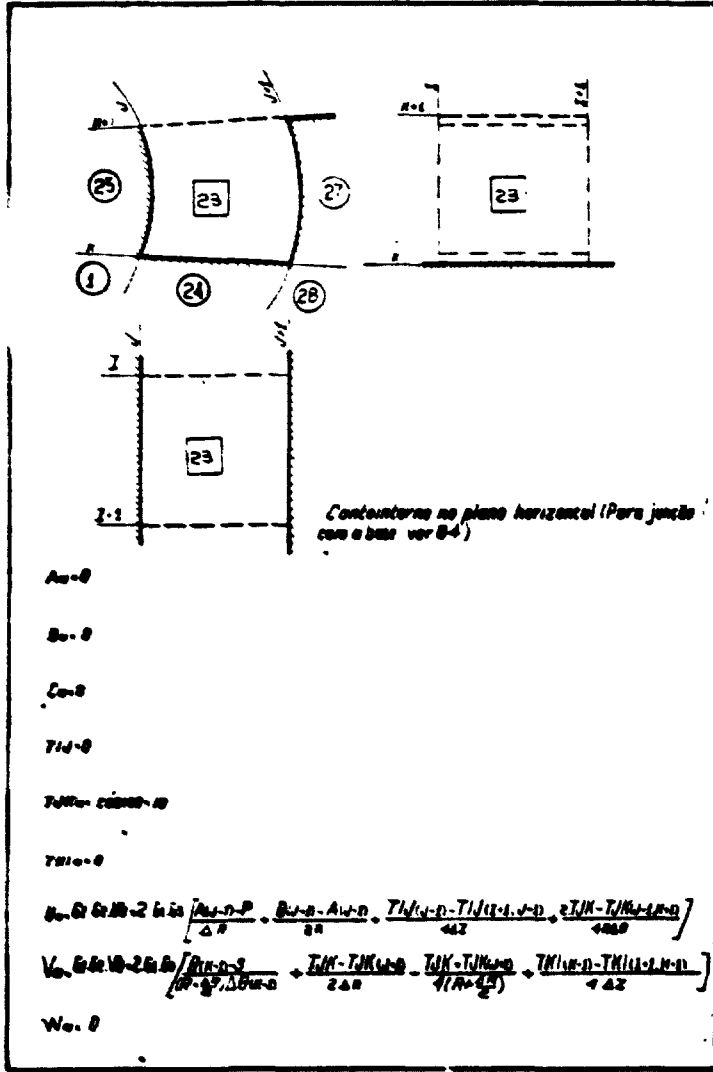
$$V_0 - B_0 \cdot B_0 \cdot B_0 \cdot B_0 \left[ \frac{S_0 - P_0}{S_0 \cdot \cos^2 \alpha_0} - \frac{2 \cdot T_{1K} - T_{1L} \cdot (M_0 \cdot N_0)}{S_0} - \frac{2 \cdot T_{1M} - T_{1N} \cdot (L_0 \cdot N_0)}{S_0} \cdot \frac{T_{1K} - T_{1L} \cdot Q_0}{S_0} \right]$$

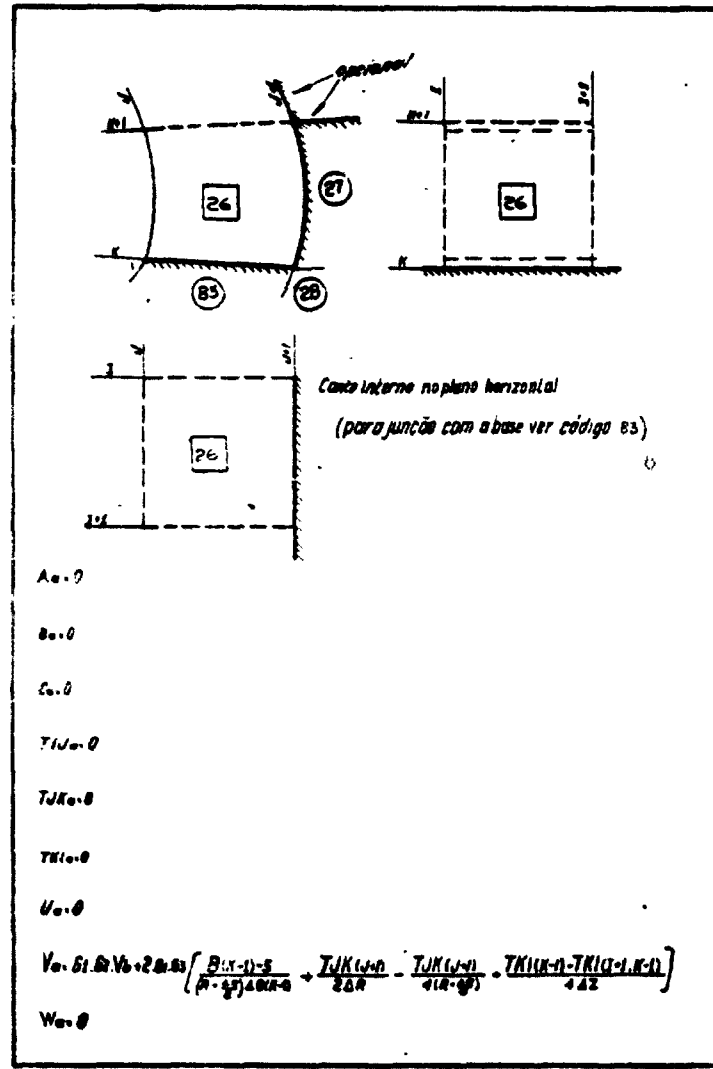
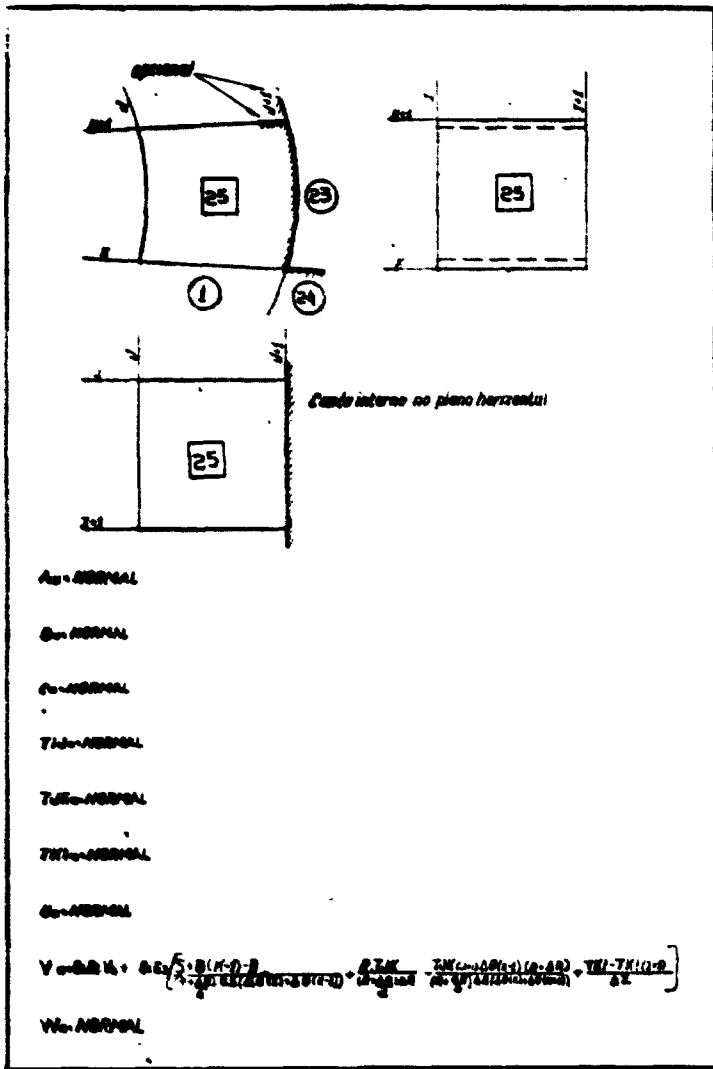
W<sub>0</sub> - NORMAL

$A = \text{NORMAL}$  *Conto interno no plano horizontal (Para contorno superior de fissura horizontal ver 52)*  
*(Para junção com a base ver 75)*  
 $B = \text{NORMAL}$   
 $C = \text{NORMAL}$   
 $T1A = \text{NORMAL}$   
 $T1B = \text{NORMAL}$   
 $T1C = 0$   
 $B = \text{NORMAL}$   
 $V = 0.0.0.20.0 \left[ \frac{2.0.0.0.0}{2.0} \cdot \frac{T1B_{top} - T1B_{bot}}{2.0} - \frac{M_{top} - T1A_{top}}{0.10.0.0} \cdot \frac{T1B_{top} - T1B_{bot}}{2.0} \right]$   
 $W = \text{NORMAL}$

$A = 0$  *Conto interno no plano horizontal (incluindo o contorno superior)*  
*(Para junção com a base ver 92)*  
 $B = 0$   
 $C = 0$   
 $T1A = 0$   
 $T1B = 0$   
 $T1C = 0$   
 $V = 0.0.0.20.0 \left[ \frac{-2.0.0.0.0}{2.0} - \frac{A_{top} - B_{top}}{2.0} + \frac{T1B_{top} - T1B_{bot}}{2.0} + \frac{T1A_{top} - T1A_{bot}}{2.0} \right]$   
 $V = 0$   
 $W = 0$







A= NORMAL  
 B= NORMAL  
 C= NORMAL  
 TId= 0  
 TJK= CODIGO 10  
 TKI= NORMAL  

$$U_a = G_0 \cdot a - 2 \cdot G_1 \cdot P \cdot A - \frac{A \cdot B}{2R} \cdot \frac{TId_0 - TId_1 \cdot \cos(\alpha)}{\Delta Z} + \frac{2 \cdot TJK \cdot TJK_0 \cdot \cos(\alpha)}{4 \cdot R \cdot \Delta \theta}$$

$$V_a = G_0 \cdot b \cdot G_0 \cdot G_1 \cdot \left[ \frac{S \cdot B_1 \cdot a \cdot B}{(R \cdot \rho) \cdot (\cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha))} + \frac{TJK \cdot R \cdot \cos(\alpha)}{(R \cdot \rho) \cdot (\cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha))} + \frac{TJK_0 \cdot (R \cdot \Delta \theta)}{(R \cdot \rho) \cdot \Delta \theta} + \frac{TId - TId_0}{\Delta Z} \right]$$
 W= NORMAL

*Curva interna no plano horizontal  
 (Para junção com eixo ver 82)  
 (Para cantoneira superior de fissura horizontal ver 82)*

A= NORMAL  
 B= NORMAL  
 C= NORMAL  
 TId= NORMAL  
 TJK= NORMAL  
 TKI= NORMAL  

$$U_a = G_1 \cdot G_2 \cdot U_0 - G_1 \cdot G_2 \cdot \left[ \frac{P \cdot A_1 \cdot a \cdot A}{\Delta R} + \frac{1}{2R} \cdot \{A_1 \cdot a \cdot A - B_1 \cdot a \cdot B\} \cdot \frac{TId - TId_0}{\Delta Z} + \frac{2 \cdot TJK \cdot TJK_0 \cdot \cos(\alpha)}{2 \cdot R \cdot \Delta \theta} \right]$$
 V= NORMAL  
 W= NORMAL

*Curva interna no plano horizontal*

Conto interno no plano tangencial

$A_0 = 0$   
 $B_0 = 0$   
 $C_0 = 0$   
 $T_{10} = 0$   
 $T_{20} = 0$   
 $U_0 = 0$   
 $V_0 = 0$

$$T_{10} = T_{K1} - 0.5 E_0 \left[ \frac{Y_{10} - Y_1}{\Delta Z} + \frac{W_{10} - W_1}{(R - \frac{R_0}{2}) \Delta Z (\sin \alpha - \cos \alpha - 1)} \right]$$

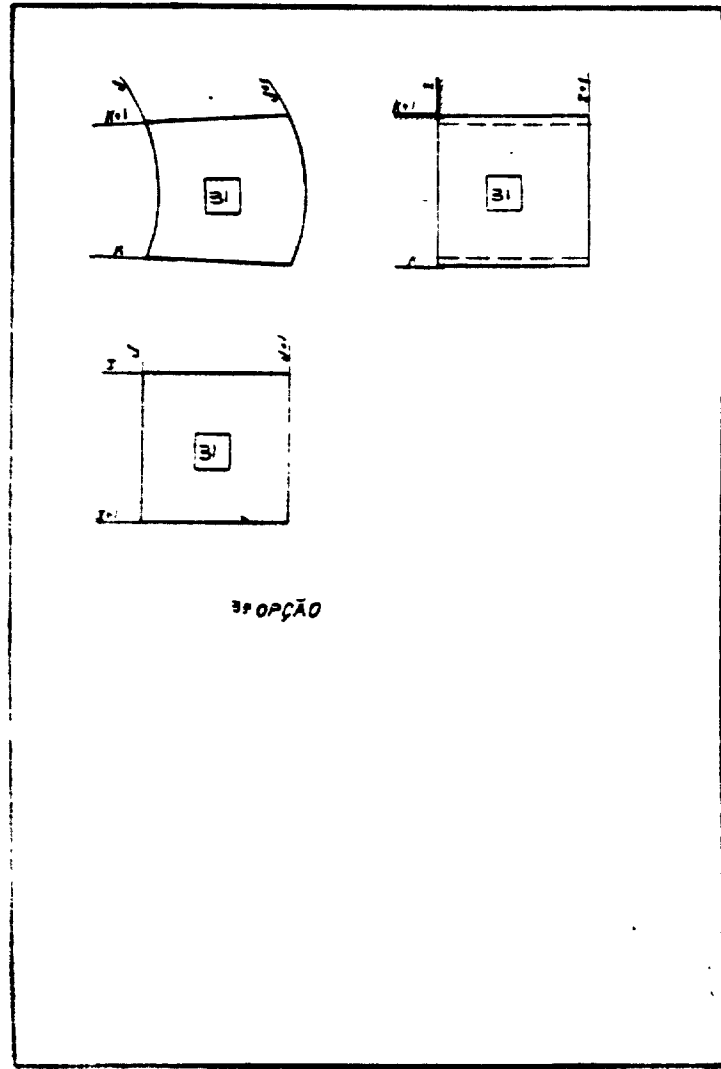
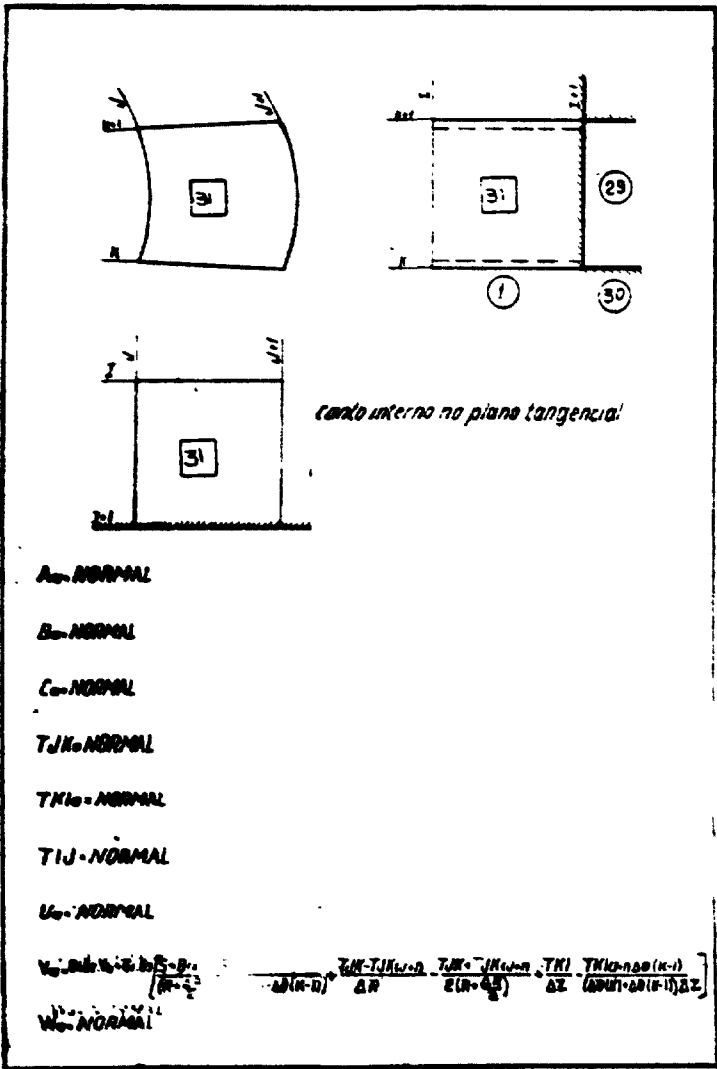
$$W_0 = 0.5 W_1 - 2.5 b_0 \left[ \frac{R_0 - R}{(R - \frac{R_0}{2}) \Delta R} + \frac{T_{K1} - T_{K2} - T_{K3} - T_{K4} - R_0}{\Delta R} + \frac{T_{K1} - T_{K2} - R - R_0}{\Delta Z} \right]$$

$$W_0 = 0.5 W_1 - 2.5 b_0 \left[ \frac{Q_0 - Q_1}{\Delta Z} + \frac{T_{K1} - T_{K2} - T_{K3} - T_{K4} - R_0}{\Delta R} + \frac{T_{K1} - T_{K2} - R - R_0}{\Delta Z} \right]$$

Conto interno no plano horizontal (depois)

$A_0 = \text{NORMAL}$   
 $B_0 = \text{NORMAL}$   
 $C_0 = \text{NORMAL}$   
 $T_{10} = \text{NORMAL}$   
 $T_{20} = \text{NORMAL}$   
 $T_{K1} = \text{NORMAL}$   
 $U_0 = \text{NORMAL}$   
 $V_0 = \text{NORMAL}$

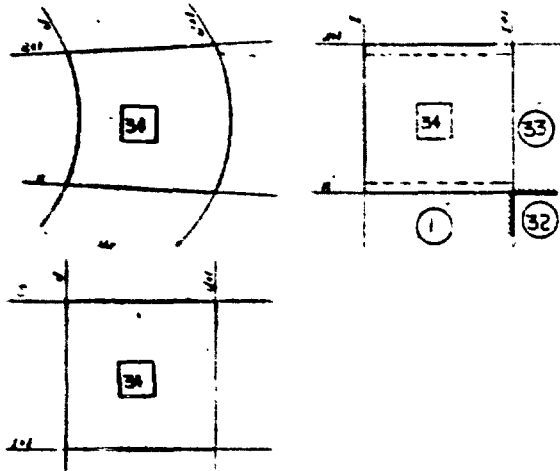
$$W_0 = 0.5 W_1 - 0.5 E_0 \left[ \frac{Q_0 - Q_1}{\Delta Z} + \frac{T_{K1} - T_{K2} - T_{K3} - T_{K4} - R_0}{\Delta R} + \frac{2 T_{K1} - T_{K2} - R_0}{2(R - \frac{R_0}{2}) \Delta Z} \right]$$







Conta interna no plano tangencial



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>10</sub> - NORMAL

T<sub>20</sub> - NORMAL

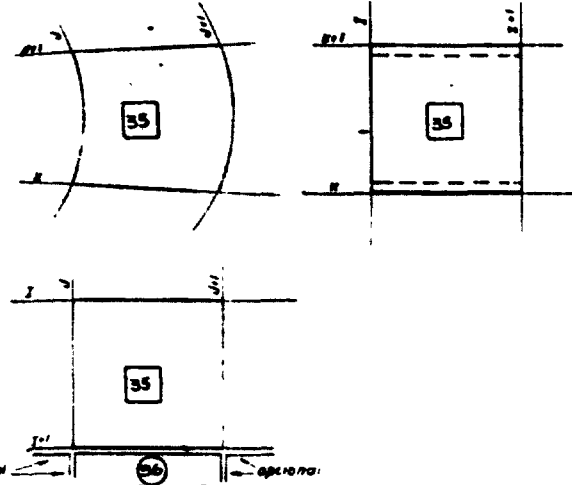
T<sub>30</sub> - NORMAL

U<sub>0</sub> - NORMAL

$$V_0 = \frac{S - 2R + 2P}{(a+b)^2 + (c+d)^2 + 2cd} \left[ \frac{T_{JK} - T_{JN} \cdot \frac{a}{b}}{\Delta} + \frac{T_{JK} - T_{JN} \cdot \frac{a}{b}}{2(R+P)} + \frac{T_{KI} - T_{KI} \cdot \frac{c}{d}}{\Delta Z} \right]$$

W<sub>0</sub> - NORMAL

Acima de fissura no plano horizontal:



$$A_0 = A_0 + 64 \left[ \frac{U - U_0(a)}{\Delta R} \right] \cdot 64 \left[ \frac{U - U_0(a) - V - V_0(b)}{2} \right] \cdot 64 \left[ \frac{W - W_0(c)}{\Delta Z} \right]$$

$$B_0 = B_0 + 64 \left[ \frac{U - U_0(a)}{\Delta R} \right] \cdot 64 \left[ \frac{U - U_0(a) - V - V_0(b)}{2} \right] \cdot 64 \left[ \frac{W - W_0(c)}{\Delta Z} \right]$$

$$C_0 = C_0 + 64 \left[ \frac{U - U_0(a)}{\Delta R} \right] \cdot 64 \left[ \frac{U - U_0(a) - V - V_0(b)}{2} \right] \cdot 64 \left[ \frac{W - W_0(c)}{\Delta Z} \right]$$

T<sub>10</sub> - NORMAL

T<sub>20</sub> - NORMAL

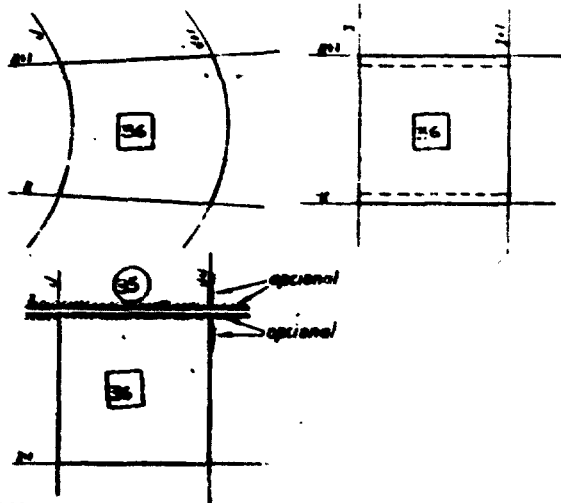
T<sub>30</sub> - NORMAL

U<sub>0</sub> - CODIGO 17

V<sub>0</sub> - NORMAL

W<sub>0</sub> - NORMAL

Abaixo da fissura no plano horizontal



$A_n$  - NORMAL

$B_n$  - NORMAL

$C_n$  - NORMAL

$T_{1n} = 0$

$T_{2n}$  - NORMAL

$T_{3n} = 0$

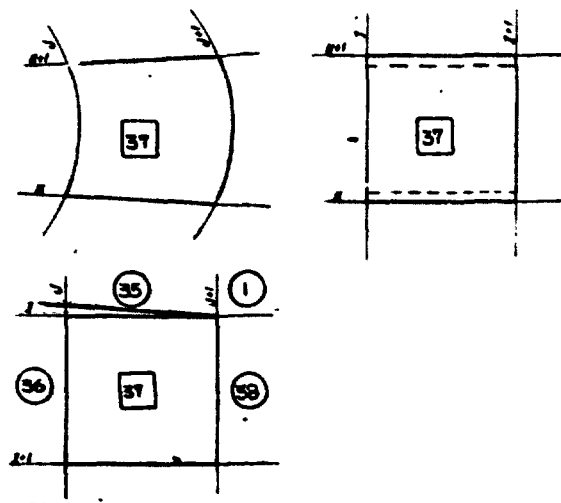
$U_n$  - NORMAL

$V_n$  - NORMAL

$$W_n = 0.001 \cdot 2.00 \cdot \left[ \frac{0.5 \cdot T_{1n} \cdot T_{2n} \cdot T_{3n}}{4 \Delta n} + \frac{T_{2n} \cdot T_{3n} \cdot T_{4n}}{8(n-g) \Delta n} + \frac{T_{3n} \cdot T_{4n} \cdot T_{5n}}{4(n-g) \Delta n} \right]$$

$$W_n = 0.001 \cdot 2.00 \cdot \left[ \frac{0.5 \cdot T_{1n} \cdot T_{2n} \cdot T_{3n}}{4 \Delta n} + \frac{T_{2n} \cdot T_{3n} \cdot T_{4n}}{8(n-g) \Delta n} + \frac{T_{3n} \cdot T_{4n} \cdot T_{5n}}{4(n-g) \Delta n} \right]$$

Abaixo da fissura no plano horizontal



$A_n$  - NORMAL

$B_n$  - NORMAL

$C_n$  - NORMAL

$T_{1n} = 0$

$T_{2n}$  - NORMAL

$T_{3n} = 0$

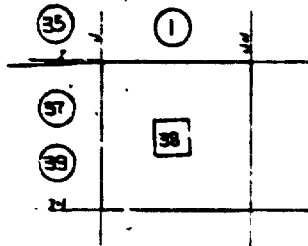
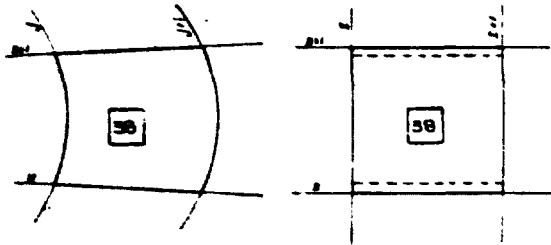
$U_n$  - NORMAL

$V_n$  - NORMAL

$$W_n = 0.001 \cdot 2.00 \cdot \left[ \frac{0.5 \cdot T_{1n} \cdot T_{2n} \cdot T_{3n}}{4 \Delta n} + \frac{T_{2n} \cdot T_{3n} \cdot T_{4n}}{8(n-g) \Delta n} + \frac{T_{3n} \cdot T_{4n} \cdot T_{5n}}{4(n-g) \Delta n} \right]$$

$$W_n = 0.001 \cdot 2.00 \cdot \left[ \frac{0.5 \cdot T_{1n} \cdot T_{2n} \cdot T_{3n}}{4 \Delta n} + \frac{T_{2n} \cdot T_{3n} \cdot T_{4n}}{8(n-g) \Delta n} + \frac{T_{3n} \cdot T_{4n} \cdot T_{5n}}{4(n-g) \Delta n} \right]$$

Fundo de fissura horizontal



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

$$T_H = T_{H0} + S_0 \left[ \frac{H_0 - H}{\Delta Z} + \frac{S_0 \cos \alpha \sin \alpha}{\Delta H} \right]$$

T<sub>1</sub>K<sub>0</sub> - NORMAL

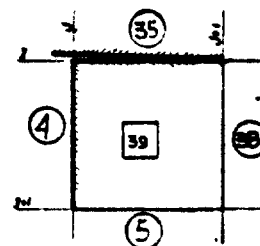
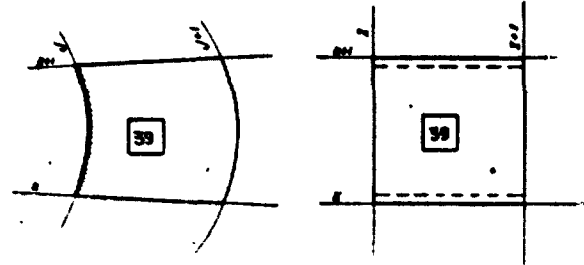
T<sub>2</sub>I<sub>0</sub> - NORMAL

U<sub>0</sub> - NORMAL

V<sub>0</sub> - NORMAL

W<sub>0</sub> - NORMAL

Abreço de fissura horizontal



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>H</sub> = 0

T<sub>1</sub>K<sub>0</sub> = 0     T<sub>2</sub>I<sub>0</sub> = 0

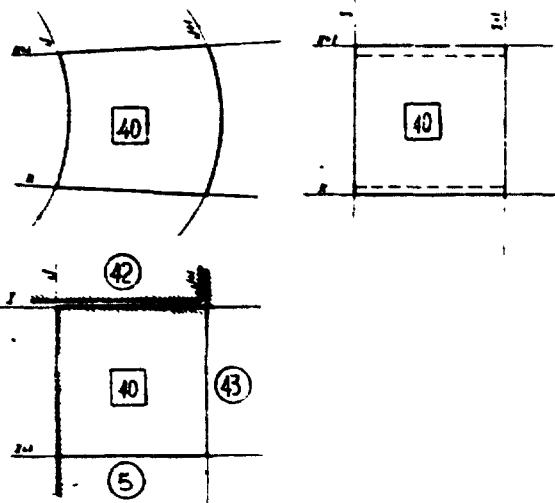
$$U_0 = S_0 B_0 + S_0 \left[ \frac{H_0 - H}{\Delta Z} + \frac{S_0 \cos \alpha \sin \alpha}{\Delta H} + \frac{T_1 K_{00} + T_2 I_{00}}{\Delta H} \right]$$

V<sub>0</sub> - NORMAL

W<sub>0</sub> - CÔDIGO 37

WT<sub>0</sub> - CÔDIGO 37

Fissura horizontal e tangencial



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>10</sub> = 0

T<sub>20</sub> = 0

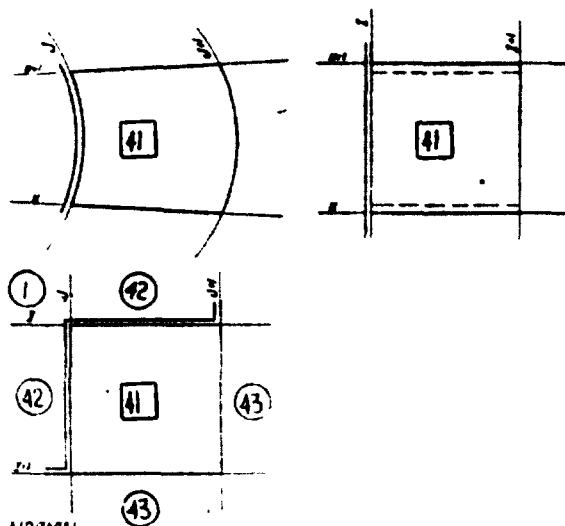
T<sub>30</sub> = 0

U<sub>0</sub> - CONSID 39      V<sub>0</sub> - NORMAL

$$W_{00} = 0.6 \cdot W_0 \cdot 25 \cdot 63 \left[ \frac{Q \cdot C}{\Delta Z} - \frac{T_{10}(Q-n) \cdot (R-A) \cdot R}{2 \cdot (R \cdot 4.5) \cdot \Delta R} + \frac{T_{10}(Q-n) \cdot T_{20}(Q-n) \cdot R \cdot n}{4 \cdot (R \cdot 4.5) \cdot \Delta R \cdot (K)} \right]$$

$$W_{T0} = 0.6 \cdot W_0 \cdot 25 \cdot 63 \left[ \frac{C \cdot (Q-n) \cdot R}{\Delta Z} + \frac{T_{10}(Q-n) \cdot R}{4 \cdot (R \cdot 4.5) \cdot \Delta R} + \frac{T_{10}(Q-n) \cdot T_{20}(Q-n) \cdot R \cdot n}{4 \cdot (R \cdot 4.5) \cdot \Delta R \cdot (K)} \right]$$

Fissura horizontal e diagonal



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

$$T_{10} = T_{10} + 0.3 \cdot 65 \cdot \left[ \frac{U_0(Q-n) \cdot U_0}{\Delta Z} + \frac{V_0(Q-n) \cdot V_0}{\Delta R} \right] \quad T_{20} = 0 \quad T_{30} = 0$$

$$U_0 = 0.6 \cdot W_0 \cdot U_0 \cdot 25 \cdot 63 \left[ \frac{P \cdot A}{\Delta R} - \frac{A \cdot B}{2 \cdot R} - \frac{T_{10}(Q-n) \cdot T_{20}(Q-n) \cdot T_{30}(Q-n) \cdot R \cdot n}{4 \cdot R \cdot \Delta R} \right]$$

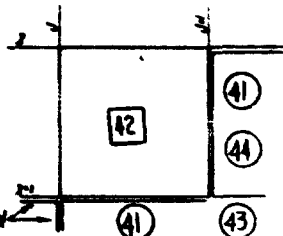
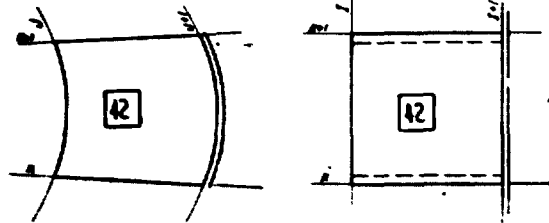
$$U_0 = 0.6 \cdot W_0 \cdot U_0 \cdot 25 \cdot 63 \left[ \frac{A \cdot (Q-n) \cdot P}{\Delta R} - \frac{A \cdot (Q-n) \cdot B \cdot (Q-n)}{2 \cdot R} + \frac{T_{10}}{\Delta Z} + \frac{T_{10}(Q-n) \cdot T_{20}(Q-n) \cdot T_{30}(Q-n) \cdot R \cdot n}{4 \cdot R \cdot \Delta R} \right]$$

V<sub>0</sub> - NORMAL

$$W_{00} = 0.6 \cdot W_0 \cdot 25 \cdot 63 \left[ \frac{Q \cdot C}{\Delta Z} - \frac{T_{10}(Q-n) \cdot (R-A) \cdot R}{2 \cdot \Delta R \cdot (R \cdot 4.5)} + \frac{T_{10}(Q-n) \cdot T_{20}(Q-n) \cdot R \cdot n}{4 \cdot (R \cdot 4.5) \cdot \Delta R} \right]$$

$$W_{T0} = 0.6 \cdot W_0 \cdot 25 \cdot 63 \left[ \frac{C \cdot (Q-n) \cdot R}{\Delta Z} + \frac{R \cdot T_{10}}{\Delta R \cdot (R \cdot 4.5)} + \frac{T_{10}(Q-n) \cdot T_{20}(Q-n) \cdot R \cdot n}{4 \cdot (R \cdot 4.5) \cdot \Delta R} \right]$$

Fissura horizontal e diagonal



Opzionale

$$A_s = A_s + 64 \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{\Delta R} \right] \cdot \frac{64}{(R \cdot \Delta R)} \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{2} - \frac{V - V_0(x, z)}{\Delta \theta} \right] \cdot 64 \left[ \frac{W - W_0(x, z)}{\Delta Z} \right]$$

$$B_s = B_s + 64 \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{\Delta R} \right] \cdot \frac{64}{(R \cdot \Delta R)} \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{2} - \frac{V - V_0(x, z)}{\Delta \theta} \right] \cdot 64 \left[ \frac{W - W_0(x, z)}{\Delta Z} \right]$$

$$C_s = C_s + 64 \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{\Delta R} \right] \cdot \frac{64}{(R \cdot \Delta R)} \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{2} - \frac{V - V_0(x, z)}{\Delta \theta} \right] \cdot 64 \left[ \frac{W - W_0(x, z)}{\Delta Z} \right]$$

$T_{H_s}$  - NORMAL

$T_{JK_s}$  - NORMAL

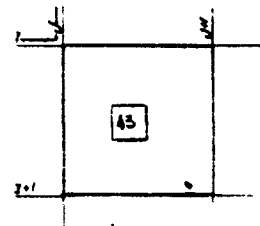
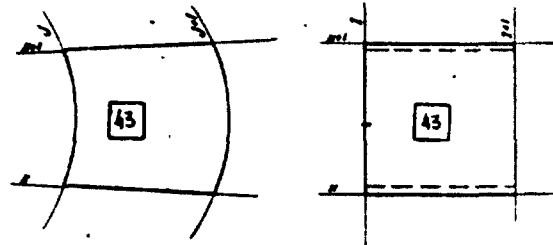
$T_{KI_s}$  - NORMAL

$U_s$  - CODIGO 17

$V_s$  - NORMAL

$$W_s = W_s + 64 \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{\Delta R} \right] \cdot \frac{64}{(R \cdot \Delta R)} \left[ \frac{U - U_0(x, z)}{2} - \frac{V - V_0(x, z)}{\Delta \theta} \right] \cdot 64 \left[ \frac{W - W_0(x, z)}{\Delta Z} \right]$$

Fissura horizontal e vertical



$A_s$  - NORMAL

$B_s$  - NORMAL

$C_s$  - NORMAL

$T_{IJ_s}$  - CODIGO 15

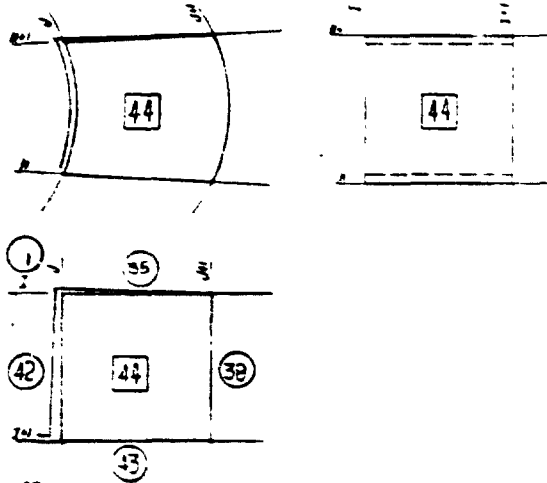
$T_{JK_s}$  - NORMAL

$T_{KI_s}$  - NORMAL  $V_s$  - NORMAL

$$U_s = 64 U_s + 64 \left[ \frac{P \cdot A_s (z - n - A)}{\Delta R} - \frac{1}{2R} (A_s \cdot n - B_s \cdot n - B) \right] \cdot \frac{T_{IJ} - T_{IJ_0}(z, n)}{E \Delta Z} + \frac{T_{JK} - T_{JK_0}(z, n)}{R \Delta \theta}$$

$$W_s = 64 W_s + 64 \left[ \frac{P \cdot C_s (z - n - C)}{\Delta Z} - \frac{T_{IJ} - T_{IJ_0}(z, n)}{E \Delta R} - \frac{T_{JK} - T_{JK_0}(z, n)}{R \Delta \theta} \right] \cdot \frac{T_{KI} - T_{KI_0}(z, n)}{(R \cdot \Delta \theta) \Delta \theta}$$

F. m de fissura horizontal elongaç.õ.



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1</sub>J<sub>1</sub> = C<sub>0</sub>B<sub>0</sub> 41

T<sub>1</sub>K<sub>1</sub> = 0      T<sub>1</sub>K<sub>1</sub> = 0

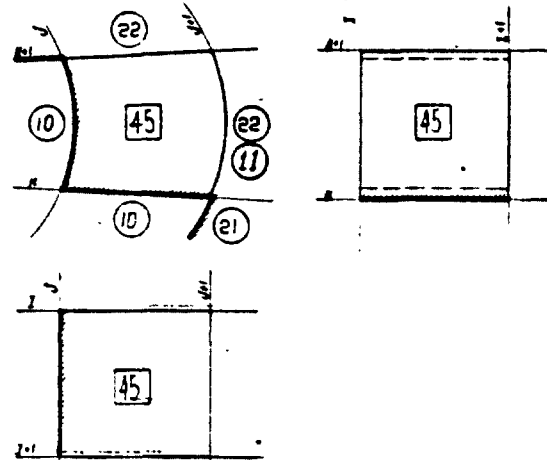
U<sub>0</sub> = C<sub>0</sub>B<sub>0</sub> 41      U<sub>0</sub> = C<sub>0</sub>B<sub>0</sub> 41

V<sub>0</sub> - NORMAL

$$V_{0.5} \text{ ó } V_{0.25} \text{ ó } V_{0.75} \left[ \frac{Q-L}{\Delta Z} \frac{T_1 J_1 u_{0.0} (R \cdot \Delta R)}{2 \Delta R (R+q)} + \frac{T_1 K_1 u_{0.0} - T_1 K_1 u_{0.0}}{4 \Delta Z} \right]$$

$$W_{0.5} \text{ ó } W_{0.25} \text{ ó } W_{0.75} \left[ \frac{Q-L}{\Delta Z} \frac{T_1 J_1 u_{0.0} (R \cdot \Delta R)}{2 \Delta R (R+q)} + \frac{T_1 J_1 u_{0.0} (R \cdot \Delta R)}{4 \Delta Z} + \frac{T_1 K_1 u_{0.0} - T_1 K_1 u_{0.0}}{4 \Delta Z} \right]$$

Crack interno no plano horizontal (Para cantos superiores de fissura na parte superior ver código 65)



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL } if code is EG 62 use código 35

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1</sub>J<sub>1</sub> = 0

T<sub>1</sub>K<sub>1</sub> = 0

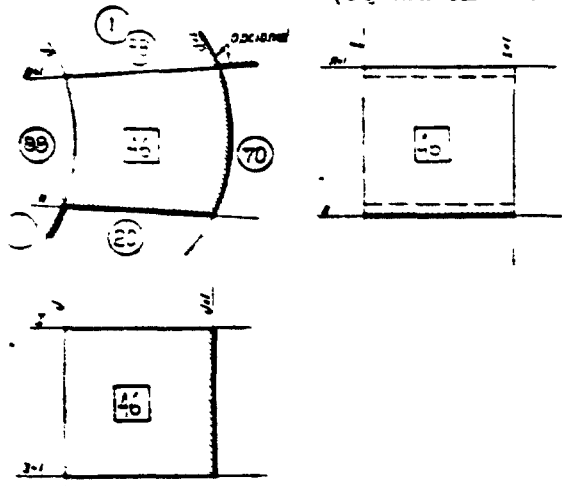
T<sub>1</sub>K<sub>1</sub> = 0

$$U_{0.5} \text{ ó } U_{0.25} \text{ ó } U_{0.75} \left[ \frac{P-A}{\Delta R} \frac{A-B}{2R} \frac{T_1 J_1 u_{0.0} (R \cdot \Delta R)}{4 \Delta Z} + \frac{T_1 K_1 u_{0.0}}{2 R \Delta Z} \right]$$

$$V_{0.5} \text{ ó } V_{0.25} \text{ ó } V_{0.75} \left[ \frac{S-B}{(R+q)\Delta R} \frac{T_1 J_1 u_{0.0} (R \cdot \Delta R)}{2 \Delta R (R+q)} + \frac{T_1 K_1 u_{0.0} - T_1 K_1 u_{0.0}}{4 \Delta Z} \right]$$

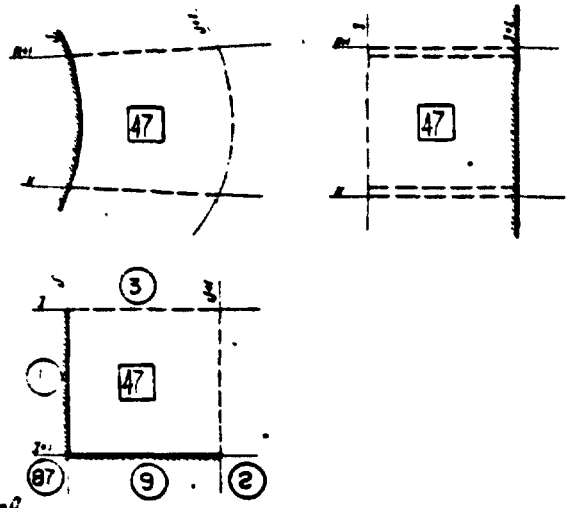
W<sub>0</sub> - NORMAL (SE HOUVER FISSURA ANGULAR EM R UOAR CÓDIGO 10)

Conte interno no plano horizontal (Para contorno Superior ver 48)  
 Para junção com o base ver 33



- A<sub>0</sub> - NORMAL
- B<sub>0</sub> - NORMAL } if A<sub>0</sub> e n.EC. 48 use código 35
- C<sub>0</sub> - NORMAL
- T<sub>1</sub>J<sub>1</sub> - NORMAL
- T<sub>2</sub>J<sub>2</sub> - CÓDIGO 10
- T<sub>3</sub>J<sub>3</sub> - 0
- U<sub>0</sub> - CÓDIGO 10
- V<sub>0</sub> - 0 e 0 e 0 e 0  $\left[ \frac{S-0}{2N} + \frac{T_1J_1-0}{2N-0} + \frac{T_2J_2-0-T_3J_3-0}{2N} \right]$
- W<sub>0</sub> - NORMAL

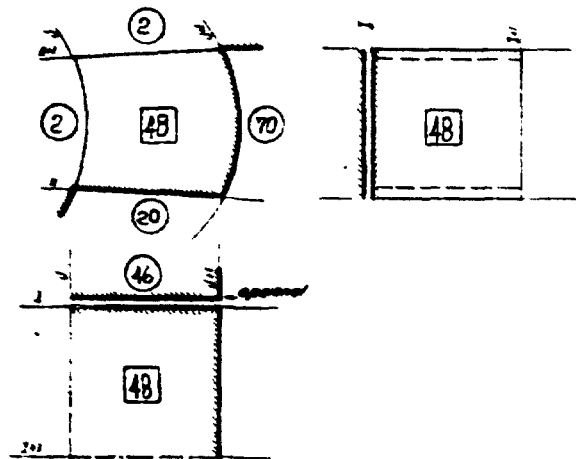
Conte interno no plano horizontal (Para contorno superior ver 48, Para junção com base ver 33)



- A<sub>0</sub> - 0
- B<sub>0</sub> - 0
- C<sub>0</sub> - 0
- T<sub>1</sub>J<sub>1</sub> - 0
- T<sub>2</sub>J<sub>2</sub> - 0
- T<sub>3</sub>J<sub>3</sub> - 0
- U<sub>0</sub> - 0 e 0 e 0 e 0  $\left[ \frac{-P-A_0-0}{2N} - \frac{A_0-0-0-0}{2N} + \frac{T_1J_1-0-T_2J_2-0}{2N} + \frac{T_3J_3-0-T_3J_3-0}{2N} \right] 2$
- V<sub>0</sub> - 0
- W<sub>0</sub> - 0



Código 46 com fissura horizontal, ou no contorno superior



A<sub>0</sub>-NORMAL

B<sub>0</sub>-NORMAL

C<sub>0</sub>-NORMAL

T1U<sub>0</sub>-0

T1N<sub>0</sub>-CÓDIGO 48

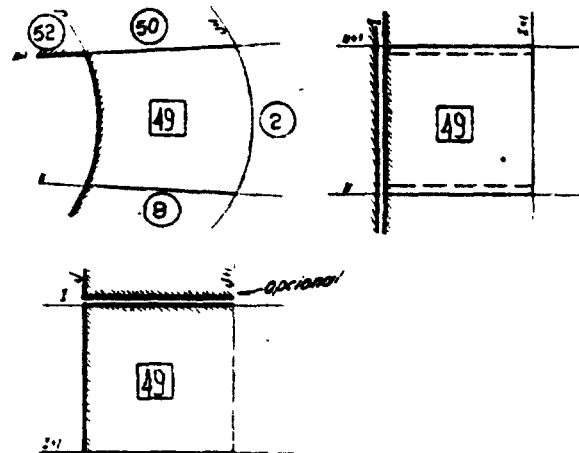
T1I<sub>0</sub>-0

U<sub>0</sub>-CÓDIGO 48

V<sub>0</sub>-CÓDIGO 46

W<sub>0</sub>-CÓDIGO 36 WT<sub>0</sub>-CÓDIGO 36 } IF (I.E.Q.) 60 TO 102

Código 21 no contorno superior, ou abrase da fissura horizontal



A<sub>0</sub>-NORMAL

B<sub>0</sub>-NORMAL

C<sub>0</sub>-NORMAL

T1U<sub>0</sub>-0

T1N<sub>0</sub>-0

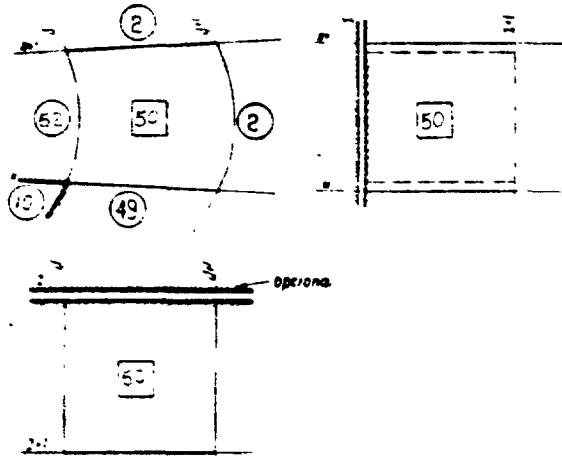
T1I<sub>0</sub>-0

U<sub>0</sub>-código 21

V<sub>0</sub>-NORMAL

W<sub>0</sub>-CÓDIGO 36 WT<sub>0</sub>-CÓDIGO 36 } IF (I.E.Q.) 60 TO 102

Código 22 no contorno superior, ou abaixo de fissura horizontal.



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

Tij<sub>0</sub> - 0

TJK<sub>0</sub> - C02.60 18

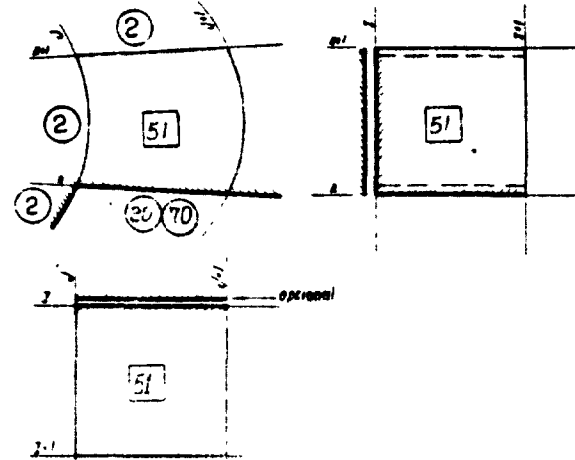
TN<sub>0</sub> - 0

U<sub>0</sub> - C02.60 18

V<sub>0</sub> - C02.60 22

W<sub>0</sub> - C02.60 34 WT<sub>0</sub> - C02.60 36 } NF (I-1) 60 TB 102

Código 51 no contorno superior, ou abaixo da fissura



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

Tij<sub>0</sub> - 0

TJK<sub>0</sub> - C02.60 18

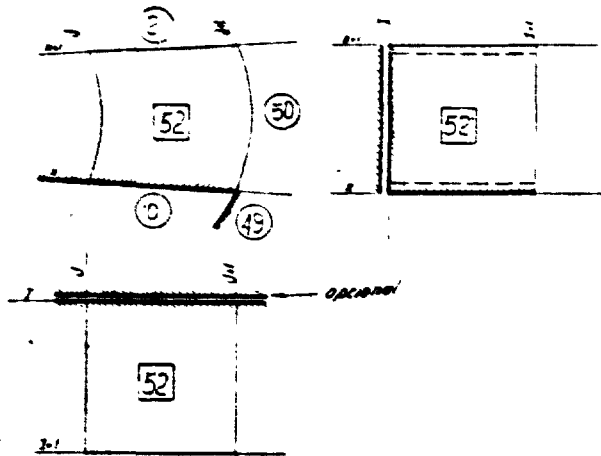
TN<sub>0</sub> - 0

U<sub>0</sub> - C02.60 18

V<sub>0</sub> - C02.60 18

W<sub>0</sub> - C02.60 36 } NF (I-1) 60 TB 102

Código 19 no contorno superior, ou abaixo da fissura



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1</sub>U<sub>0</sub> - 0

T<sub>1</sub>J<sub>1</sub>K<sub>0</sub> - 0

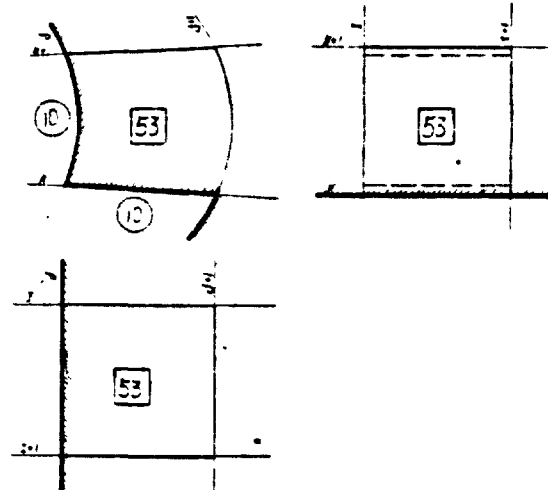
T<sub>1</sub>K<sub>1</sub>I<sub>0</sub> - 0

U<sub>0</sub> - NORMAL

V<sub>0</sub> - CÓDIGO 19

W<sub>0</sub> - CÓDIGO 36 IF (1-1) 60 TO 102

Conto interno no plano horizontal (Para junção com o bloco ver código 94)



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1</sub>U<sub>0</sub> - 0

T<sub>1</sub>J<sub>1</sub>K<sub>0</sub> - 0

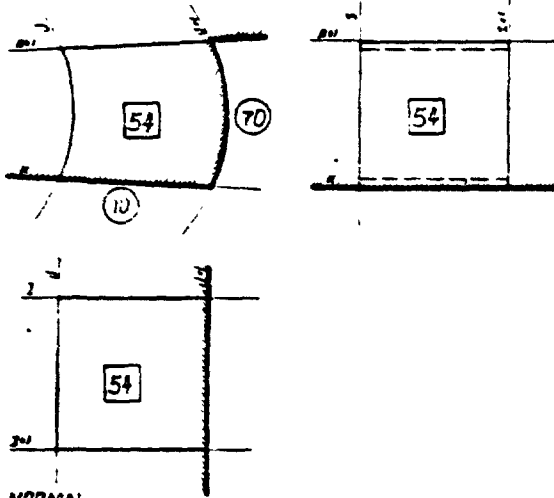
T<sub>1</sub>K<sub>1</sub>I<sub>0</sub> - 0

U<sub>0</sub> - CÓDIGO 27

V<sub>0</sub> - CÓDIGO 15

W<sub>0</sub> - NORMAL

Conta interna no plano horizontal



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1a</sub> - NORMAL

T<sub>1b</sub> - 0

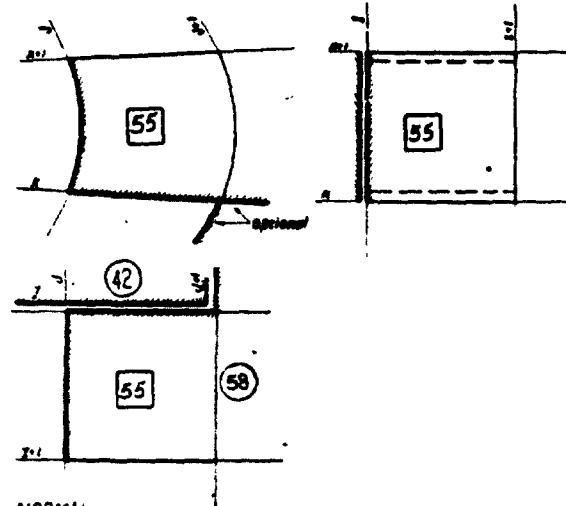
T<sub>1c</sub> - 0

U<sub>0</sub> - NORMAL

$$V_0 = \frac{S \cdot B}{(T_{1a} + T_{1b} + T_{1c})} \left[ \frac{S \cdot B}{(T_{1a} + T_{1b} + T_{1c})} + \frac{T_{1a} \cdot T_{1b} \cdot R}{T_{1a} \cdot T_{1b} \cdot R} + \frac{T_{1a} \cdot T_{1b} \cdot R}{T_{1a} \cdot T_{1b} \cdot R} \right]$$

W<sub>0</sub> - NORMAL

Código 53 abas de fixação horizontal e longitudinal (ver 80)



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>1a</sub> - 0

T<sub>1b</sub> - 0

T<sub>1c</sub> - 0

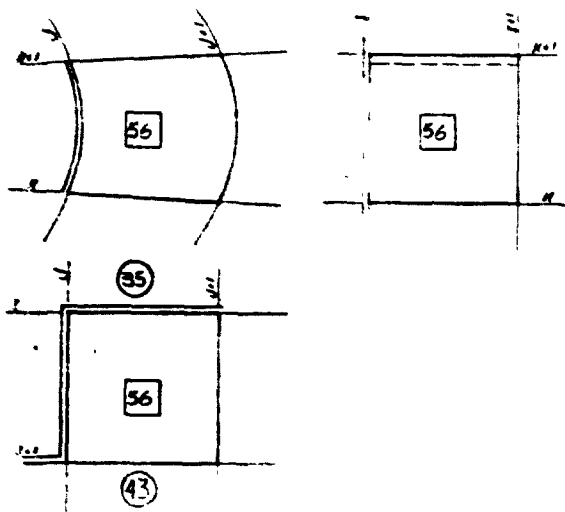
U<sub>0</sub> - código 39

V<sub>0</sub> - código 19

W<sub>0</sub> - código 40

WT<sub>0</sub> - código 48

Abaco de fôrça horizontal e tangencial



A - NORMAL

B - NORMAL

C - NORMAL

T<sub>10</sub> - CÔDIGO 41

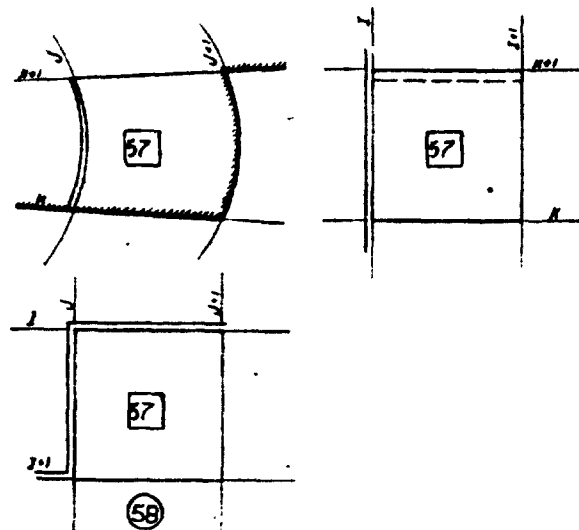
T<sub>JN</sub> = 0

T<sub>K1</sub> = 0    U<sub>0</sub> - CÔDIGO 41    V<sub>0</sub> - NORMAL

$$W_0 = G_0 R_0 W_0 + 2G_0 R_0 \left[ \frac{0 - C \cdot T_{10}(R_0, R_0)}{\Delta Z} + \frac{R \cdot \Delta R}{\Delta R (R_0^2)} \cdot \frac{T_{K1}(I_1) - T_{K1}(I_2, R_0)}{(R_0^2) \Delta \theta} \right]$$

$$W_{T0} = G_0 R_0 W_0 + 2G_0 R_0 \left[ \frac{(1 - n) \cdot Q}{\Delta Z} + \frac{2RT_{10} - T_{10}(I_1, R_0) + (R \cdot \Delta R)}{\Delta R (R_0^2)} \cdot \frac{T_{K1}(I_1) - T_{K1}(I_2, R_0)}{(R_0^2) \Delta \theta} \right]$$

Combinação de 54 e 56



A - NORMAL

B - NORMAL

C - NORMAL

T<sub>10</sub> - CÔDIGO 41

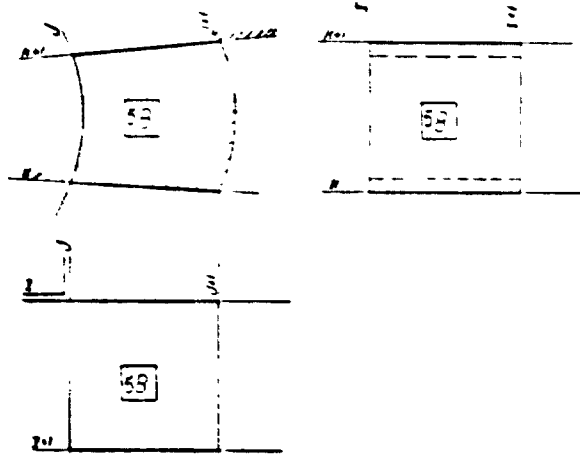
T<sub>JN</sub> = 0

T<sub>K1</sub> = 0    U<sub>0</sub> - CÔDIGO 41    U<sub>L0</sub> - CÔDIGO 41

V<sub>0</sub> - CÔDIGO 54    W<sub>0</sub> - CÔDIGO 56

W<sub>T0</sub> - CÔDIGO 56

Combinações de 43 e 54



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>10</sub> - CØDIGO 15

T<sub>1K</sub> = 0

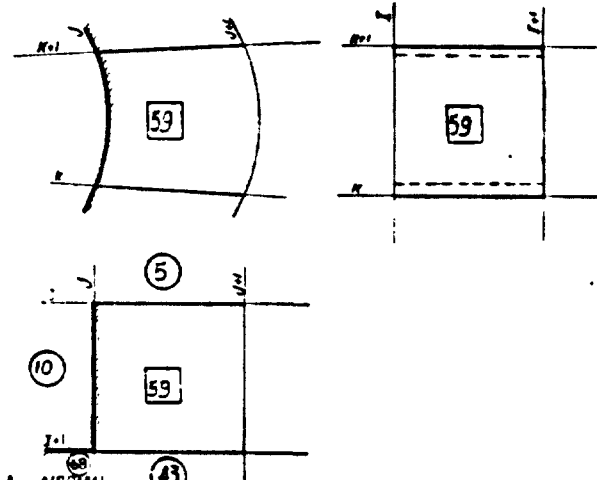
T<sub>1I</sub> = 0

U<sub>0</sub> - CØDIGO 43

V<sub>0</sub> - CØDIGO 54

W<sub>0</sub> - CØDIGO 43

Contos restrinidos no plano radial



A<sub>0</sub> - NORMAL

B<sub>0</sub> - NORMAL

C<sub>0</sub> - NORMAL

T<sub>10</sub> = 0

T<sub>1K</sub> = 0

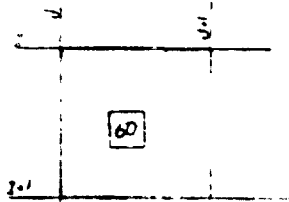
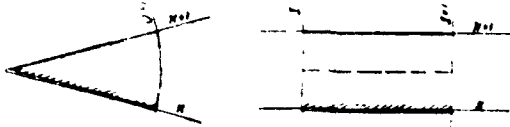
T<sub>1I</sub> = NORMAL

U<sub>0</sub> - São Usados  $\left[ \frac{P-A}{2A} - \frac{A-B}{2A} \cdot \frac{T_{1K} - T_{1I}}{T_{1K} + T_{1I}} \right] \cdot \frac{T_{1K} + T_{1I}}{2} + \frac{T_{1K} - T_{1I}}{2} \cdot \frac{T_{1K} + T_{1I}}{2}$

V<sub>0</sub> - NORMAL

W<sub>0</sub> - NORMAL

Fissura radial no contorno superior junto ao eixo polar



A<sub>0</sub> NORMAL

B<sub>0</sub> NORMAL

C<sub>0</sub> NORMAL

T<sub>1J0</sub> = 0

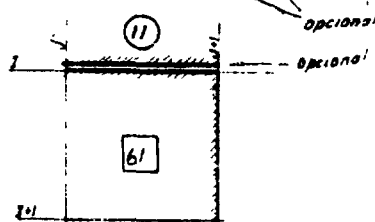
T<sub>2J0</sub> = 0

T<sub>3J0</sub> = 0

$$U_0 = \frac{Q_0 R_0 \Delta R_0}{4 \Delta R_0} \left[ \frac{T_{1J0} - T_{2J0} \cos(\alpha)}{2 \Delta R_0} + \frac{T_{3J0} \sin(\alpha)}{2 \Delta R_0} \right]$$

V<sub>0</sub> = CÓDIGO 11

Código com fissura horizontal ou no contorno superior, ou fissura radial em um disco genérico do contorno superior



A<sub>0</sub> NORMAL

B<sub>0</sub> NORMAL

C<sub>0</sub> ADORA

T<sub>1J0</sub> = 0

T<sub>2J0</sub> = 0

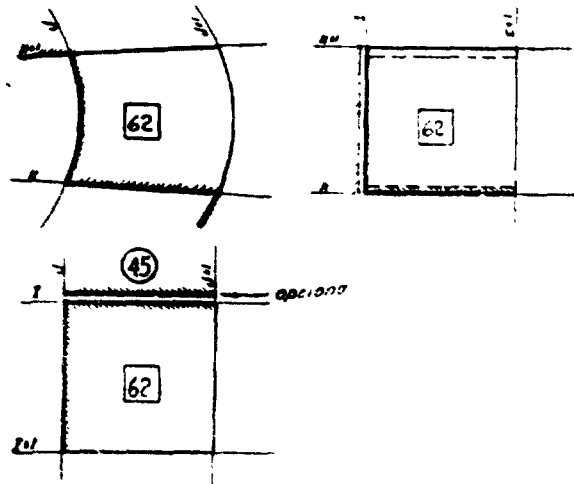
T<sub>3J0</sub> = 0

J<sub>0</sub> = NORMAL

V<sub>0</sub> = CÓDIGO 11

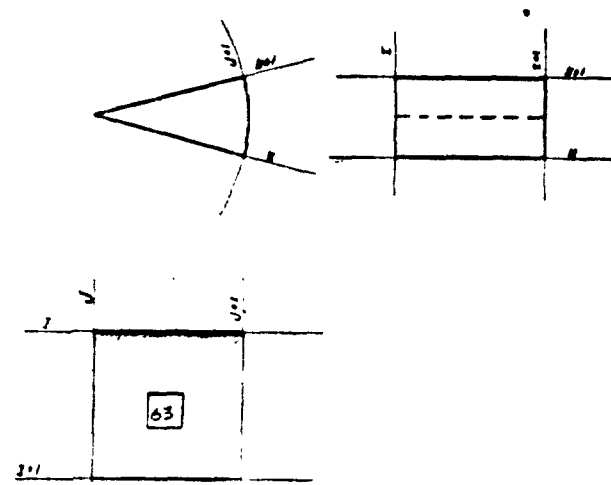
V<sub>0</sub> = CÓDIGO 36

*Código no contorno superior ou com fissura horizontal*



- A<sub>0</sub>-NORMAL
- B<sub>0</sub>-NORMAL
- C<sub>0</sub>-NORMAL
- TU<sub>0</sub>-0
- TJK<sub>0</sub>-0
- TKI<sub>0</sub>-0
- U<sub>0</sub>-CÓDIGO 45
- V<sub>0</sub>-CÓDIGO 45
- W<sub>0</sub>-CÓDIGO 36 IF(1-1) COTO 102

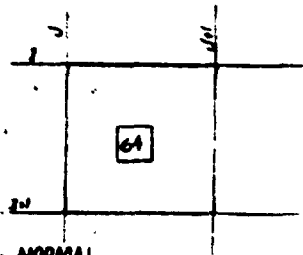
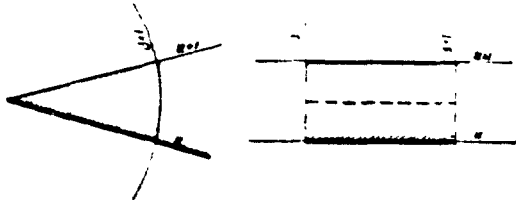
*Contorno Superior no eixo polar com o polo móvel*



- A<sub>0</sub>-NORMAL
- BA-NORMAL
- C<sub>0</sub>-NORMAL
- TJU<sub>0</sub>-0
- TJK<sub>0</sub>-0
- TKI<sub>0</sub>-0
- U<sub>0</sub>-CÓDIGO 60
- V<sub>0</sub>-NORMAL
- W<sub>0</sub>-CÓDIGO 2



Fazora radial no eixo polar



$A_0$  - NORMAL

$B_0$  - NORMAL

$C_0$  - NORMAL

$T_{A0} = 0$

$T_{B0} = 0$

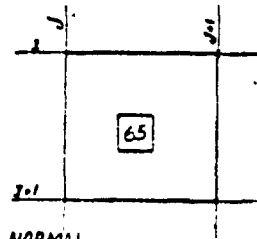
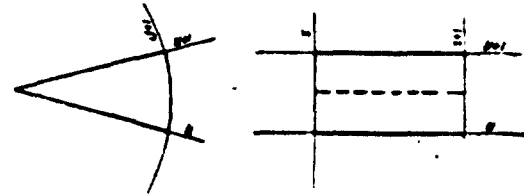
$T_{C0} = 0$

$U_0$  - CÓDIGO 60

$V_0$  - CÓDIGO 11

$W_0$  - NORMAL

Bloco normal no eixo polar com o polo móvel



$A_0$  - NORMAL

$B_0$  - NORMAL

$C_0$  - NORMAL

$T_{A0} = 0$

$T_{B0} = 0$

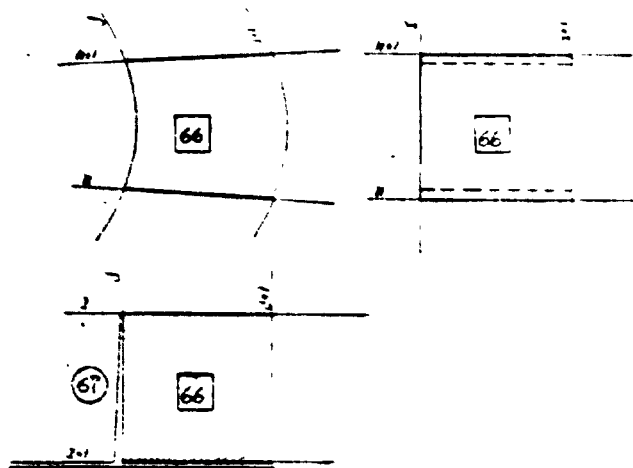
$T_{C0} = 0$

$U_0$  - CÓDIGO 60

$V_0$  - NORMAL

$W_0$  - NORMAL

A esquerda de fim de fissura tangencial ou de fissura horizontal.



A<sub>0</sub> - CODIGO 35

B<sub>0</sub> - CODIGO 35

C<sub>0</sub> - CODIGO 35

$$T_{I0} = T_{I0} + 65 \left[ \frac{U(1-1) - 0.5(U+U)}{\Delta Z} + \frac{W(U-1) - W}{\Delta R} \right]$$

T<sub>J0</sub> = 0

T<sub>N0</sub> - NORMAL

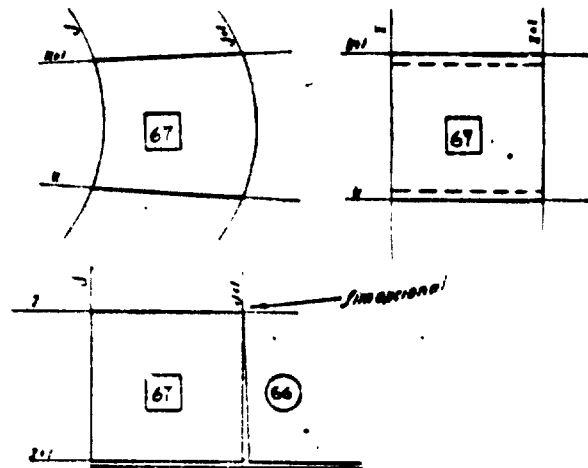
$$U_0 = B_0 B_1 B_2 B_3 B_4 \left[ \frac{P-A}{\Delta R} - \frac{A-B}{\Delta R} + \frac{T_{I0}}{\Delta Z} + \frac{T_{J0}(U-1) - T_{J0}(1-U)}{\Delta R} \right] Z$$

$$W_0 = B_0 B_1 B_2 B_3 B_4 \left[ \frac{A(1-P)}{\Delta R} - \frac{A(1-Q)}{\Delta R} + \frac{T_{I0}}{\Delta Z} + \frac{T_{J0}(1-U) - T_{J0}(1-U)}{\Delta R} \right] Z$$

V<sub>0</sub> - NORMAL

W<sub>0</sub> - NORMAL

A esquerda de fim de fissura tangencial



A<sub>0</sub> - CODIGO 42

B<sub>0</sub> - CODIGO 42

C<sub>0</sub> - CODIGO 42

T<sub>I0</sub> - NORMAL

T<sub>J0</sub> - NORMAL

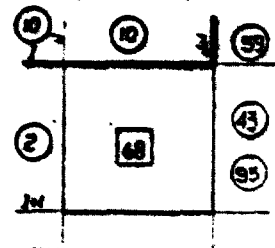
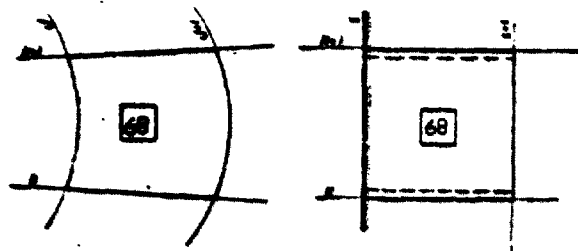
T<sub>N0</sub> - NORMAL

U<sub>0</sub> - CODIGO 17

V<sub>0</sub> - NORMAL

W<sub>0</sub> - NORMAL

*Condições restritas no plano radial*



$A_r$  - NORMAL

$B_r$  - NORMAL

$C_r$  - NORMAL

$T_{11} = 0$

$T_{22}$  - NORMAL

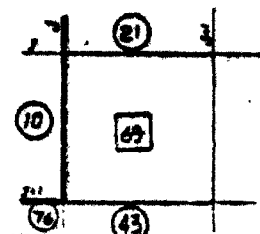
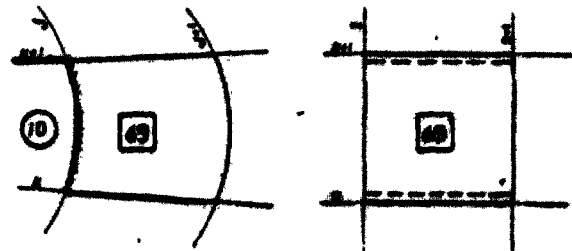
$T_{33} = 0$

$U_r$  - NORMAL

$V_r$  - NORMAL

$$W_r = \frac{C_1}{2r} + \frac{C_2}{r^2} \left[ \frac{C_1}{2r} - \frac{C_2}{r^2} \right] \left[ \frac{C_1}{2r} - \frac{C_2}{r^2} \right] \left[ \frac{C_1}{2r} - \frac{C_2}{r^2} \right]$$

*Condições restritas no plano radial, horizontal e longitudinal*



$A_r$  - NORMAL

$B_r$  - NORMAL

$C_r$  - NORMAL

$T_{11} = 0$

$T_{22}$  - NORMAL

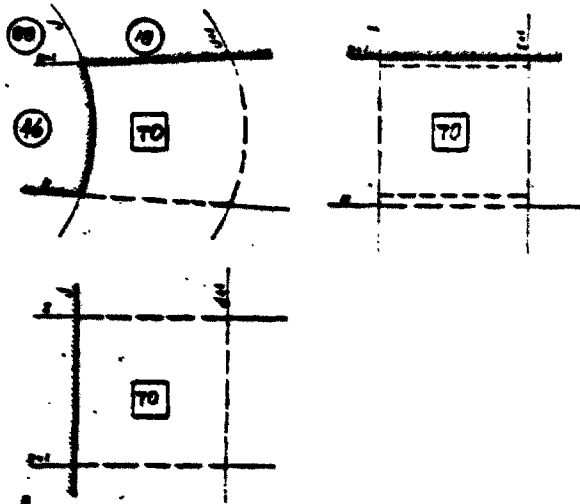
$T_{33}$  - NORMAL

$$U_r = \frac{C_1}{2r} + \frac{C_2}{r^2} \left[ \frac{P-A}{2r} - \frac{T_{11} - T_{22}}{2r} + \frac{T_{33} - T_{11}}{2r} \right]$$

$V_r$  - NORMAL

$W_r$  - NORMAL

Conto recortado no plano horizontal (Para junção com a base v=71)



A<sub>0</sub>=0

B<sub>0</sub>=0

C<sub>0</sub>=0

T<sub>10</sub>=0

T<sub>20</sub>=0

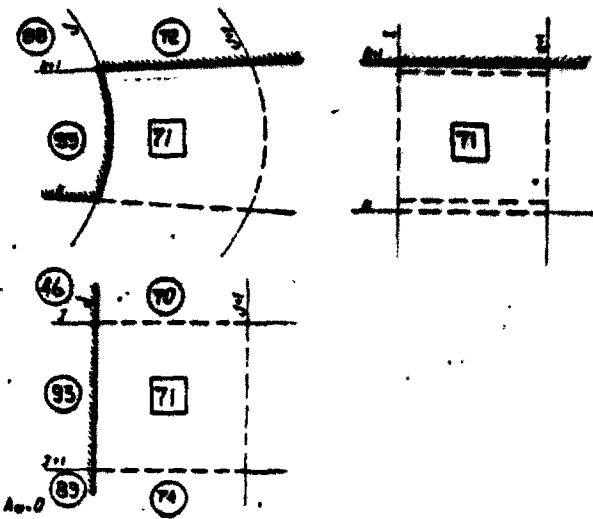
T<sub>30</sub>=0

$$u = \frac{A_0 \cdot B_0 \cdot C_0}{A_0 \cdot B_0} \left[ \frac{P_1 \cdot A_0 \cdot B_0}{A_0 \cdot B_0} - \frac{A_0 \cdot B_0}{A_0 \cdot B_0} \cdot \frac{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}}{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}} - \frac{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}}{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}} \right] \cdot 2$$

V<sub>0</sub>=0

W<sub>0</sub>=0

Conto recortado nos planos radial, tangencial e horizontal.



A<sub>0</sub>=0

B<sub>0</sub>=0

C<sub>0</sub>=0

T<sub>10</sub>=0

T<sub>20</sub>=0

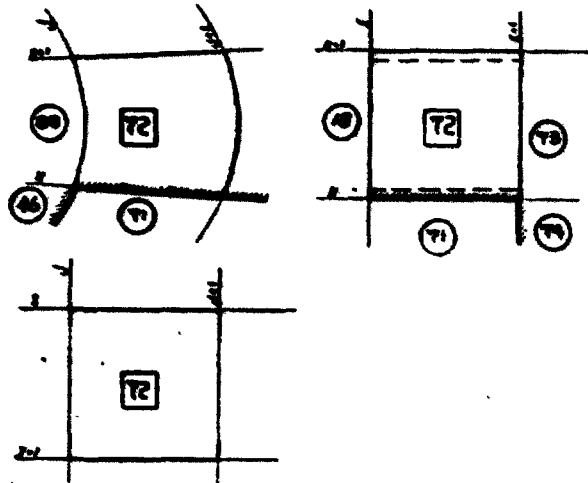
T<sub>30</sub>=0

$$u = \frac{A_0 \cdot B_0 \cdot C_0}{A_0 \cdot B_0} \left[ \frac{P_1 \cdot A_0 \cdot B_0}{A_0 \cdot B_0} - \frac{A_0 \cdot B_0}{A_0 \cdot B_0} \cdot \frac{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}}{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}} - \frac{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}}{T_{10} \cdot T_{20} \cdot T_{30}} \right] \cdot 2$$

V<sub>0</sub>=0

W<sub>0</sub>=0

*Conto recortado nas placas horizontal, radial, e tangencial*



A<sub>0</sub>-NORMAL

B<sub>0</sub>-NORMAL

C<sub>0</sub>-NORMAL

T1J<sub>0</sub>-NORMAL

T1K<sub>0</sub>-CÓDIGO 10

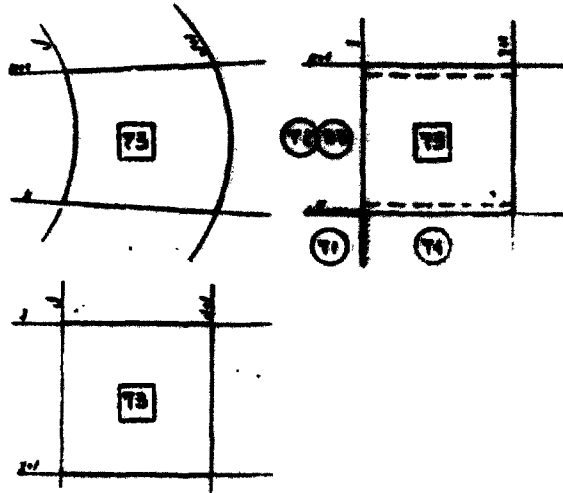
T1L<sub>0</sub>-0

U<sub>0</sub>-CÓDIGO 16

$$V_0 = G \cdot B \cdot W_0 \cdot G_0 \left[ \frac{G \cdot B}{(2 \cdot G \cdot B \cdot G_0)} \cdot \frac{E \cdot T_{1K} - T_{1J} \cdot (1 + \mu)}{0.25} + \frac{T_{1K} \cdot E \cdot (1 + \mu)}{(2 \cdot G \cdot B \cdot G_0)} \cdot \frac{T_{1L} \cdot (1 + \mu)}{0.25} \right] \cdot 2$$

W<sub>0</sub>-NORMAL

*Conto recortado na placa tangencial*



A<sub>0</sub>-NORMAL

B<sub>0</sub>-NORMAL

C<sub>0</sub>-NORMAL

T1J<sub>0</sub>-NORMAL

T1K<sub>0</sub>-NORMAL

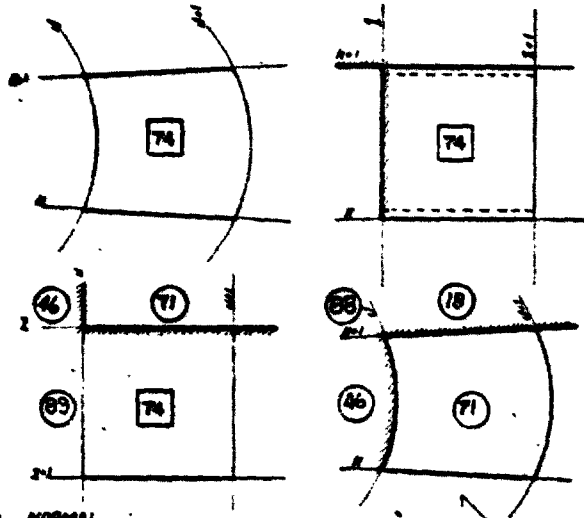
T1L<sub>0</sub>-CÓDIGO 29

U<sub>0</sub>-NORMAL

$$V_0 = G \cdot B \cdot W_0 \cdot G_0 \left[ \frac{G \cdot B}{(2 \cdot G \cdot B \cdot G_0)} \cdot \frac{E \cdot T_{1K} - T_{1J} \cdot (1 + \mu)}{0.25} + \frac{T_{1K} \cdot E \cdot (1 + \mu)}{(2 \cdot G \cdot B \cdot G_0)} \cdot \frac{T_{1L} \cdot (1 + \mu)}{0.25} \right] \cdot 2$$

W<sub>0</sub>-CÓDIGO 33

**Apóio de cinto restrito nos três planos**



$A_x = \text{NORMAL}$

$B_x = \text{NORMAL}$

$C_x = \text{NORMAL}$

$T_{1x} = \text{CÍRCULO 15}$

$T_{1y} = \text{NORMAL}$

$T_{1z} = 0$

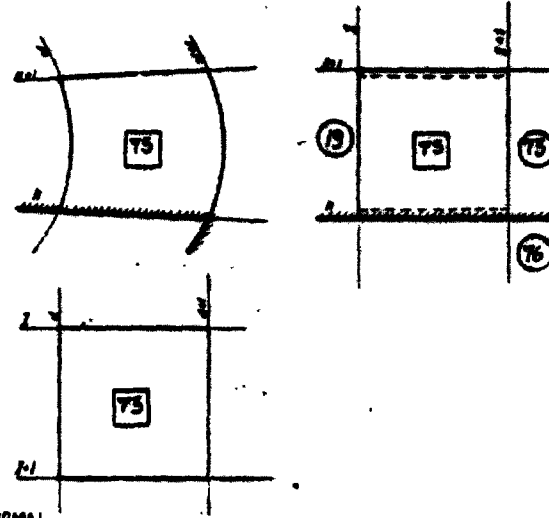
$u_x = \text{CÍRCULO 9}$

$u_y = \text{NORMAL}$

$W_x = 0; W_y = 0; W_z = \frac{1}{2} \cdot \frac{2T_{1x} - T_{1y} - T_{1z}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2T_{1x} - T_{1y} - 0}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2T_{1x} - T_{1y}}{2}$

Nota em planta do bloco superposto ao 74

**Canto restrito nos três planos**



$A_x = \text{NORMAL}$

$B_x = \text{NORMAL}$

$C_x = \text{NORMAL}$

$T_{1x} = \text{NORMAL}$

$T_{1y} = 0$

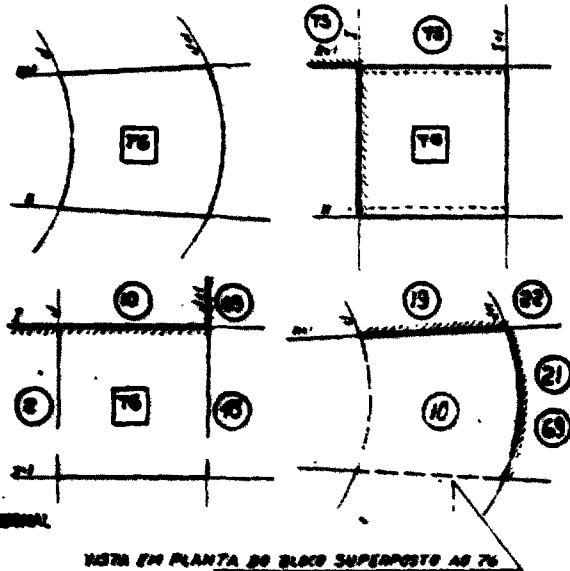
$T_{1z} = 0$

$u_x = \text{NORMAL}$

$W_x = 0; W_y = 0; W_z = \frac{1}{2} \cdot \frac{2T_{1x} - T_{1y} - T_{1z}}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2T_{1x} - 0 - 0}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2T_{1x}}{2}$

$W_x = \text{NORMAL}$

**Alguns casos encontrados nos trilhos planos**

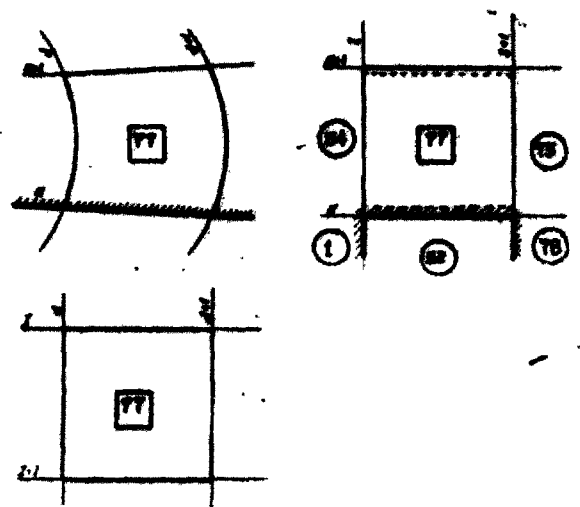


VERA EM PLANTA DO BLOCO SUPERPOSTO AO 76

- A<sub>0</sub> - NORMAL
- B<sub>0</sub> - NORMAL
- C<sub>0</sub> - NORMAL
- T<sub>10</sub> - 0
- T<sub>10</sub> - NORMAL
- T<sub>10</sub> - 0
- U<sub>0</sub> - NORMAL
- V<sub>0</sub> - NORMAL

$$V_0 = B_0 U_0 + C_0 \left[ \frac{C-C}{L \Delta Z} \cdot \frac{T_1 U_{10} - 2 T_2 U_{10}}{4 \Delta R} - \frac{T_1 U_{10} - 2 T_2 U_{10}}{8 R \cdot 4 \Delta R} + \frac{T_1 (U_{10} - 2 T_2 U_{10})}{(4 R \cdot 2 \cdot 4 R \Delta R)} \right] \cdot 8$$

**A direita de dois trilhos**

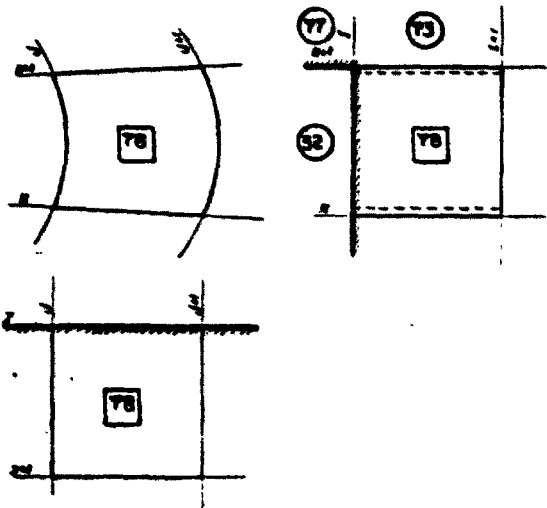


- A<sub>0</sub> - NORMAL
- B<sub>0</sub> - NORMAL
- C<sub>0</sub> - NORMAL
- T<sub>10</sub> - NORMAL
- T<sub>10</sub> - 0
- T<sub>10</sub> - CODIGO 29
- U<sub>0</sub> - NORMAL

$$V_0 = B_0 U_0 + C_0 \left[ \frac{C-C}{L \Delta Z} \cdot \frac{T_1 U_{10} - 2 T_2 U_{10}}{4 \Delta R} - \frac{T_1 U_{10} - 2 T_2 U_{10}}{8 R \cdot 4 \Delta R} + \frac{T_1 (U_{10} - 2 T_2 U_{10})}{(4 R \cdot 2 \cdot 4 R \Delta R)} \right] \cdot 2$$

V<sub>0</sub> - CODIGO 29

**Abre e adreita de un duto radial**



$A_0$  NORMAL

$B_0$  NORMAL

$C_0$  NORMAL

$TJ_{A_0} = 0$

$TJ_{B_0}$  NORMAL

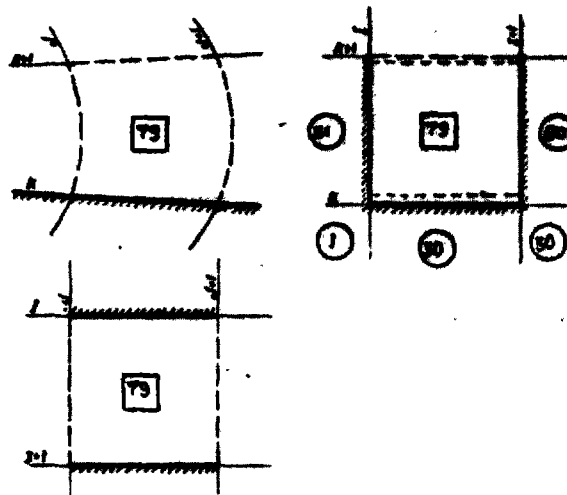
$TJ_{C_0} = 0$

$U_0$  NORMAL

$V_0$  NORMAL

$$W_0 = \frac{A_0 B_0 C_0}{\Delta_0} \left[ \frac{TJ_{A_0} - TJ_{B_0} - TJ_{C_0}}{2 \Delta R} + \frac{TJ_{A_0} - TJ_{B_0} - TJ_{C_0}}{10 R - 4 \Delta R} + \frac{TJ_{A_0} - 2 TJ_{B_0} - TJ_{C_0}}{4 (10 R - 4 \Delta R)} \right] \cdot \frac{1}{4 (10 R - 4 \Delta R)}$$

**Interos e a esquerda de un duto radial**



$A_0 = 0$

$B_0 = 0$

$C_0 = 0$

$TJ_{A_0} = 0$

$TJ_{B_0} = 0$

$TJ_{C_0} = \text{CODIGO 23}$

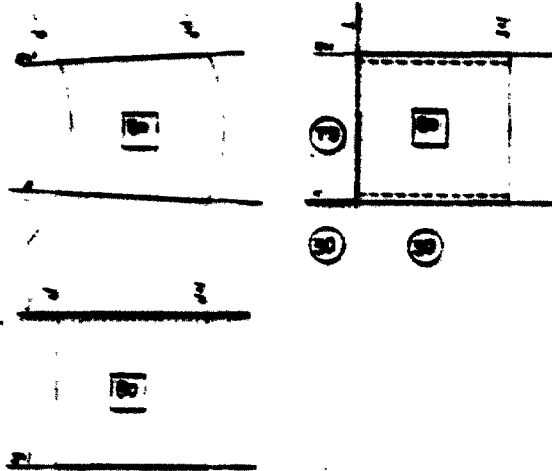
$U_0 = 0$

$$V_0 = \frac{A_0 B_0 C_0}{\Delta_0} \left[ \frac{TJ_{A_0} - TJ_{B_0} - TJ_{C_0}}{2 \Delta R} + \frac{TJ_{A_0} - TJ_{B_0} - TJ_{C_0}}{10 R - 4 \Delta R} + \frac{TJ_{A_0} - 2 TJ_{B_0} - TJ_{C_0}}{4 (10 R - 4 \Delta R)} \right] \cdot \frac{1}{4 (10 R - 4 \Delta R)}$$

W\_0 = 0



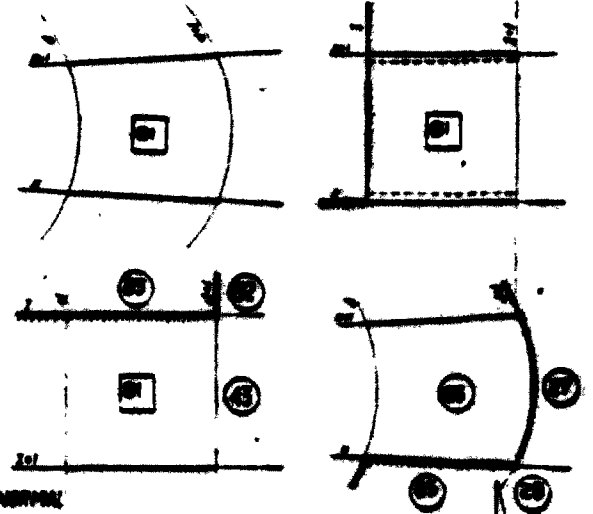
Abajo de las columnas de estado real



- A- NORMAL
- B- NORMAL
- C- NORMAL
- T=0
- T=1- NORMAL
- T=2- NORMAL
- A- NORMAL

$$W = G + G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 + G_8 + G_9 + G_{10} + G_{11} + G_{12} + G_{13} + G_{14} + G_{15} + G_{16} + G_{17} + G_{18} + G_{19} + G_{20} + G_{21} + G_{22} + G_{23} + G_{24} + G_{25} + G_{26} + G_{27} + G_{28} + G_{29} + G_{30} + G_{31} + G_{32} + G_{33} + G_{34} + G_{35} + G_{36} + G_{37} + G_{38} + G_{39} + G_{40} + G_{41} + G_{42} + G_{43} + G_{44} + G_{45} + G_{46} + G_{47} + G_{48} + G_{49} + G_{50} + G_{51} + G_{52} + G_{53} + G_{54} + G_{55} + G_{56} + G_{57} + G_{58} + G_{59} + G_{60} + G_{61} + G_{62} + G_{63} + G_{64} + G_{65} + G_{66} + G_{67} + G_{68} + G_{69} + G_{70} + G_{71} + G_{72} + G_{73} + G_{74} + G_{75} + G_{76} + G_{77} + G_{78} + G_{79} + G_{80} + G_{81} + G_{82} + G_{83} + G_{84} + G_{85} + G_{86} + G_{87} + G_{88} + G_{89} + G_{90} + G_{91} + G_{92} + G_{93} + G_{94} + G_{95} + G_{96} + G_{97} + G_{98} + G_{99} + G_{100}$$

Abajo de las columnas de estado real



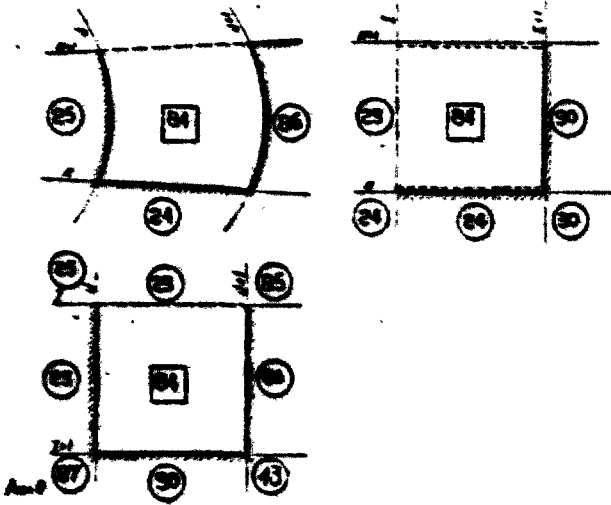
- A- NORMAL
- B- NORMAL
- C- NORMAL
- T=0
- T=1- NORMAL
- T=2- NORMAL
- G- NORMAL
- V- NORMAL

Nota en punto de los estados de G

$$W = G + G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6 + G_7 + G_8 + G_9 + G_{10} + G_{11} + G_{12} + G_{13} + G_{14} + G_{15} + G_{16} + G_{17} + G_{18} + G_{19} + G_{20} + G_{21} + G_{22} + G_{23} + G_{24} + G_{25} + G_{26} + G_{27} + G_{28} + G_{29} + G_{30} + G_{31} + G_{32} + G_{33} + G_{34} + G_{35} + G_{36} + G_{37} + G_{38} + G_{39} + G_{40} + G_{41} + G_{42} + G_{43} + G_{44} + G_{45} + G_{46} + G_{47} + G_{48} + G_{49} + G_{50} + G_{51} + G_{52} + G_{53} + G_{54} + G_{55} + G_{56} + G_{57} + G_{58} + G_{59} + G_{60} + G_{61} + G_{62} + G_{63} + G_{64} + G_{65} + G_{66} + G_{67} + G_{68} + G_{69} + G_{70} + G_{71} + G_{72} + G_{73} + G_{74} + G_{75} + G_{76} + G_{77} + G_{78} + G_{79} + G_{80} + G_{81} + G_{82} + G_{83} + G_{84} + G_{85} + G_{86} + G_{87} + G_{88} + G_{89} + G_{90} + G_{91} + G_{92} + G_{93} + G_{94} + G_{95} + G_{96} + G_{97} + G_{98} + G_{99} + G_{100}$$



**Condições de contorno em três planos**



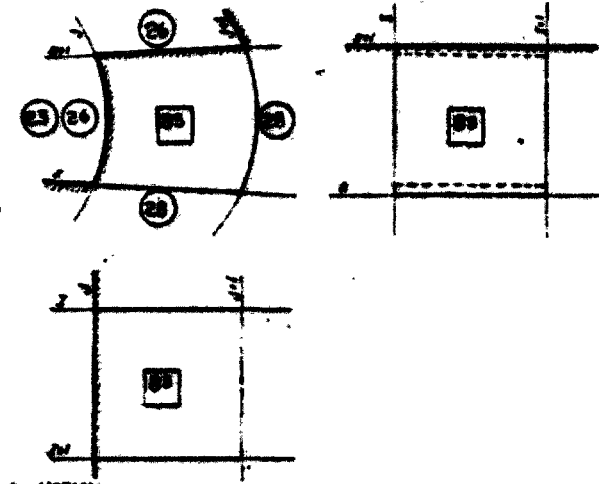
- A=0
- B=0
- C=0
- T<sub>1</sub>=0
- T<sub>2</sub>=0
- T<sub>3</sub>=0

$$U = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{P_1 - P_2}{2\Delta h} \cdot \frac{T_1 M - T_2 M_0}{2\Delta h} + \frac{T_1 M - T_2 M_0}{2\Delta h} \cdot \frac{T_3 M - T_4 M_0}{2\Delta h} + \frac{T_3 M - T_4 M_0}{2\Delta h} \right] \cdot 2$$

$$U = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{P_1 - P_2}{2\Delta h} \cdot \frac{T_1 M - T_2 M_0}{2\Delta h} + \frac{T_1 M - T_2 M_0}{2\Delta h} \cdot \frac{T_3 M - T_4 M_0}{2\Delta h} + \frac{T_3 M - T_4 M_0}{2\Delta h} \right] \cdot 2$$

W=0

**Condições de contorno em plano horizontal (para junção com base - ver 06)**



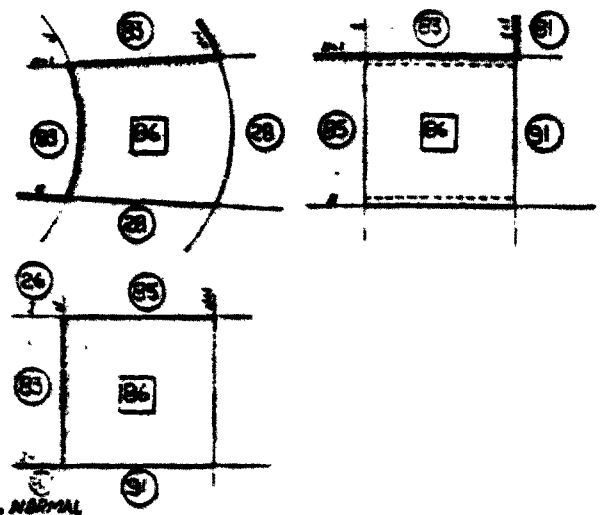
- A=NORMAL
- B=NORMAL
- C=NORMAL
- T<sub>1</sub>=0
- T<sub>2</sub>=CÍRCULO 10
- T<sub>3</sub>=NORMAL

$$U = \frac{1}{2\pi} \left[ \frac{P_1 - P_2}{2\Delta h} \cdot \frac{T_1 M - T_2 M_0}{2\Delta h} + \frac{T_1 M - T_2 M_0}{2\Delta h} \cdot \frac{T_3 M - T_4 M_0}{2\Delta h} + \frac{T_3 M - T_4 M_0}{2\Delta h} \right] \cdot 2$$

W=CÍRCULO 27

W= NORMAL

*Carta recuento de defectos planos*



$A_{2n}$  NORMAL

$B_{2n}$  NORMAL

$C_{2n}$  NORMAL

$T_{1n}$  D

$T_{2n}$  CODIGO 10

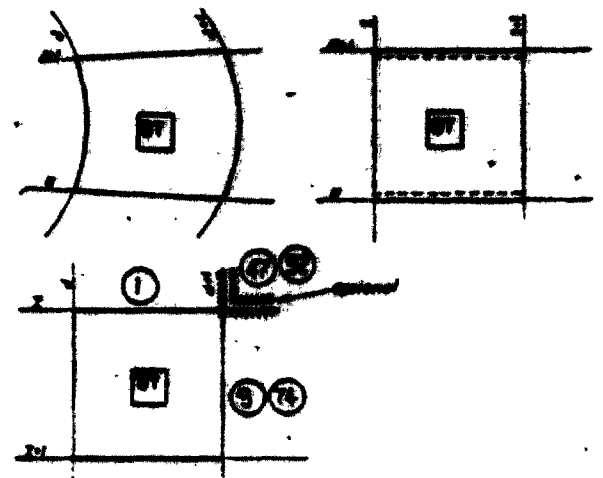
$T_{3n}$  NORMAL

$$U_{2n} = \frac{2.33 \cdot \sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{or} \quad \frac{2.33 \cdot \sigma}{\sqrt{n}} = \frac{T_{1n}}{2.33 \cdot \sigma} \quad \text{or} \quad \frac{T_{1n}}{2.33 \cdot \sigma} = \frac{2.33 \cdot \sigma}{\sqrt{n}}$$

$V_{2n}$  CODIGO 27

$W_{2n}$  NORMAL

*Algoritmo de control de planes rectos*



$A_{2n}$  NORMAL

$B_{2n}$  NORMAL

$C_{2n}$  NORMAL

$T_{1n}$  NORMAL

$T_{2n}$  NORMAL

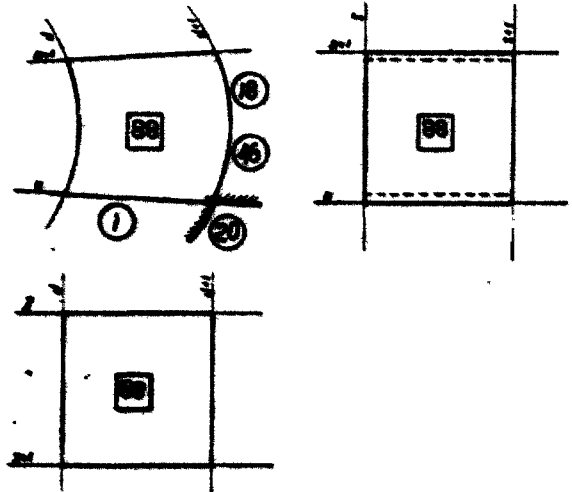
$T_{3n}$  NORMAL

$U_{2n}$  NORMAL

$V_{2n}$  NORMAL

$W_{2n}$  CODIGO 48

**Exato construído no plano horizontal**

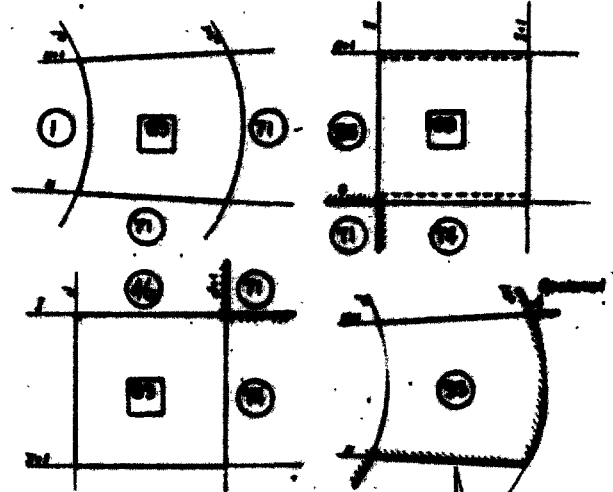


- A<sub>0</sub>-NORMAL
- B<sub>0</sub>-NORMAL
- C<sub>0</sub>-NORMAL
- F<sub>0</sub>-NORMAL
- T<sub>0</sub>-NORMAL
- T<sub>0</sub>-NORMAL
- T<sub>0</sub>-NORMAL
- U<sub>0</sub>-NORMAL

$$V_0 = \frac{A_0 \cdot B_0 \cdot C_0 \cdot F_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{(A_0 \cdot B_0 \cdot C_0 \cdot F_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0) + \frac{2 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{2 \cdot 2N} - \frac{T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{2 \cdot 2N} + \frac{T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{2 \cdot 2N}}$$

W<sub>0</sub>-NORMAL

**Alguns de certo em três planos**



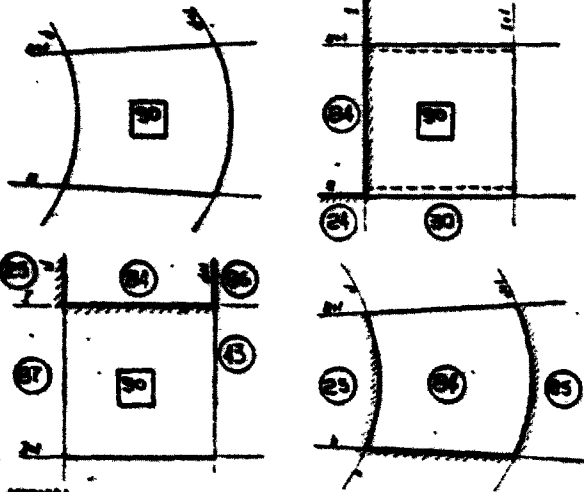
Verde em alguns de três superpontos de 66

- A<sub>0</sub>-NORMAL
- B<sub>0</sub>-NORMAL
- C<sub>0</sub>-NORMAL
- T<sub>0</sub>-NORMAL
- T<sub>0</sub>-NORMAL
- T<sub>0</sub>-NORMAL
- U<sub>0</sub>-NORMAL

V<sub>0</sub>-CÓDIGO 73

$$V_0 = \frac{A_0 \cdot B_0 \cdot C_0 \cdot F_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{(A_0 \cdot B_0 \cdot C_0 \cdot F_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0) + \frac{2 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{2 \cdot 2N} - \frac{2 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{2 \cdot 2N} + \frac{T_0 \cdot T_0 \cdot T_0 \cdot U_0}{2 \cdot 2N}}$$

**Abais de conta em três planos**



A<sub>0</sub>-NORMAL Vista em planta do bloco superposto ad 30

B<sub>0</sub>-NORMAL

C<sub>0</sub>-NORMAL

T<sub>10</sub>-CÓDIGO 15

T<sub>20</sub>-NORMAL

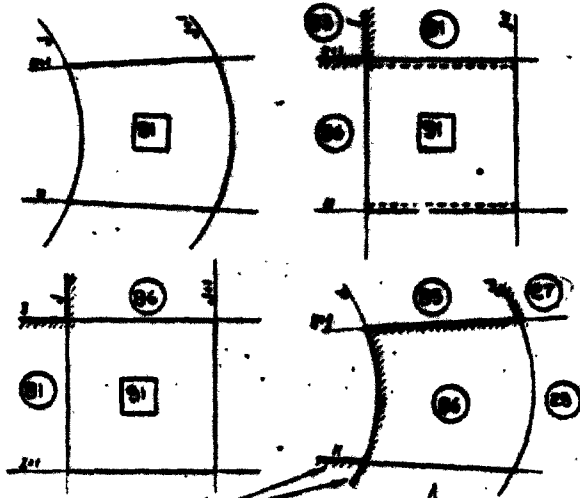
T<sub>30</sub>-código 21

U<sub>0</sub>-código 9

V<sub>0</sub>-CÓDIGO 30

$$W_0 = \frac{G_0 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}{22} \left[ \frac{T_1 - T_{10}}{G \cdot A} + \frac{T_2 - T_{20}}{G \cdot A} + \frac{T_3 - T_{30}}{G \cdot A} + \frac{U - U_0}{G \cdot A} \right]^2$$

**Abais de conta interiores e externas**



A<sub>0</sub>-NORMAL *apenas*

B<sub>0</sub>-NORMAL *Vista em planta do bloco superposto ad 31*

C<sub>0</sub>-NORMAL

T<sub>10</sub>-CÓDIGO 15

T<sub>20</sub>-NORMAL

T<sub>30</sub>-NORMAL

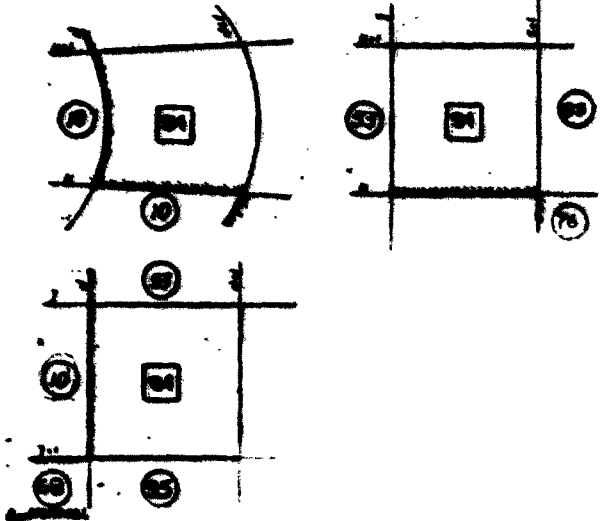
U<sub>0</sub>-CÓDIGO 45

V<sub>0</sub>-NORMAL

$$W_0 = \frac{G_0 \cdot G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}{22} \left[ \frac{T_1 - T_{10}}{G \cdot A} + \frac{T_2 - T_{20}}{G \cdot A} + \frac{T_3 - T_{30}}{G \cdot A} + \frac{U - U_0}{G \cdot A} \right]^2$$



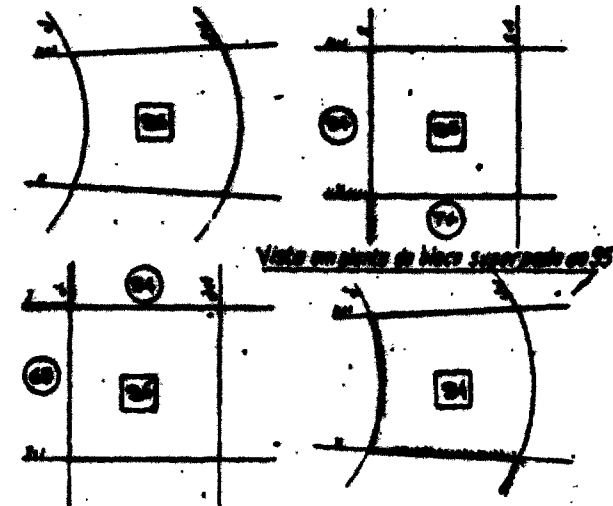
**Conte inferior modo plano**



- 1. - normal
- 2. - normal
- 3. - normal
- 4. - 0
- 5. - 0
- 6. - 0

$\omega_n = \frac{c}{2L} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \sqrt{m^2 + n^2}$

**Abstrato de conte inferior e superior**



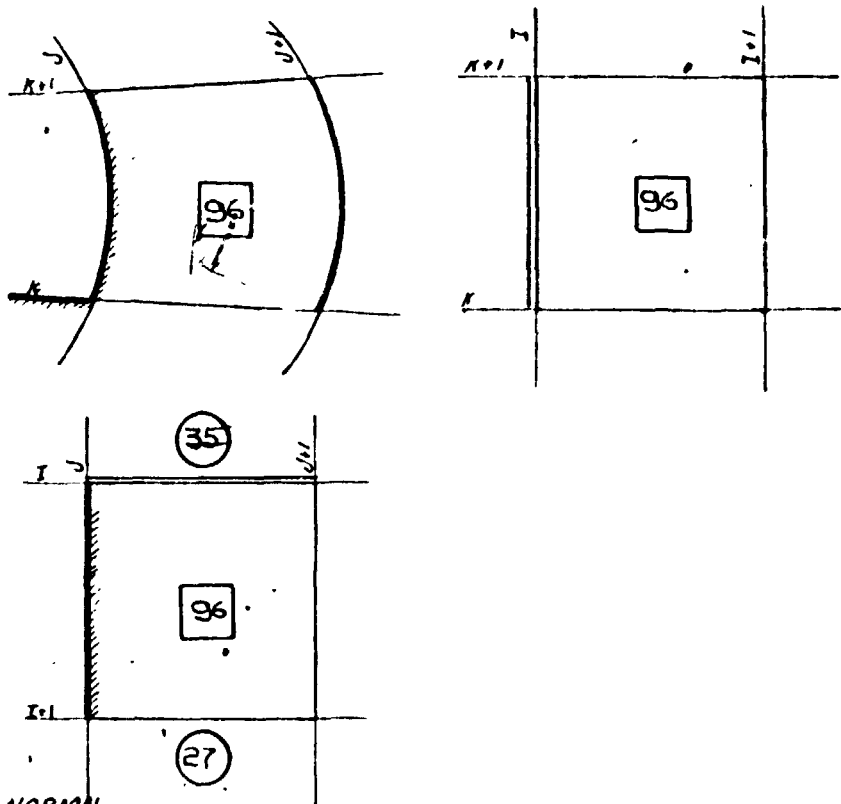
- 1. - normal
- 2. - normal
- 3. - normal
- 4. - 0
- 5. - normal
- 6. - 0
- 7. - 0
- 8. - 0
- 9. - 0
- 10. - 0
- 11. - 0
- 12. - 0
- 13. - 0
- 14. - 0
- 15. - 0
- 16. - 0
- 17. - 0
- 18. - 0
- 19. - 0
- 20. - 0
- 21. - 0
- 22. - 0
- 23. - 0
- 24. - 0
- 25. - 0
- 26. - 0
- 27. - 0
- 28. - 0
- 29. - 0
- 30. - 0
- 31. - 0
- 32. - 0
- 33. - 0
- 34. - 0
- 35. - 0
- 36. - 0
- 37. - 0
- 38. - 0
- 39. - 0
- 40. - 0
- 41. - 0
- 42. - 0
- 43. - 0
- 44. - 0
- 45. - 0
- 46. - 0
- 47. - 0
- 48. - 0
- 49. - 0
- 50. - 0
- 51. - 0
- 52. - 0
- 53. - 0
- 54. - 0
- 55. - 0
- 56. - 0
- 57. - 0
- 58. - 0
- 59. - 0
- 60. - 0
- 61. - 0
- 62. - 0
- 63. - 0
- 64. - 0
- 65. - 0
- 66. - 0
- 67. - 0
- 68. - 0
- 69. - 0
- 70. - 0
- 71. - 0
- 72. - 0
- 73. - 0
- 74. - 0
- 75. - 0
- 76. - 0
- 77. - 0
- 78. - 0
- 79. - 0
- 80. - 0
- 81. - 0
- 82. - 0
- 83. - 0
- 84. - 0
- 85. - 0
- 86. - 0
- 87. - 0
- 88. - 0
- 89. - 0
- 90. - 0
- 91. - 0
- 92. - 0
- 93. - 0
- 94. - 0
- 95. - 0
- 96. - 0
- 97. - 0
- 98. - 0
- 99. - 0
- 100. - 0

$\omega_n = \frac{c}{2L} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \sqrt{m^2 + n^2}$



Código 27 com fissura, ou no contorno superior

• 129 •



Aa = NORMAL

Ba = NORMAL

Ca = NORMAL

T1Ua = 0

T1Ua = CÓDIGO 18

T1Ia = 0

Ua = CÓDIGO 27

Va = CÓDIGO 27

Wa = CÓDIGO 36      W1a = CÓDIGO 36

## APÊNDICE B

Neste Apêndice será apresentado o modo como é feita a variação dos esforços de protensão vertical e horizontal e dos esforços da armadura frouxa

### 1) Esforços de Protensão Vertical

O gráfico da figura B3 é o resultado de um ensaio feito em um cabo de 7 mm, semelhante ao que será utilizado no modelo físico. Esse gráfico foi considerado como representativo do comportamento dos cabos verticais. O comando DATA/QEXT informa ao computador a distribuição dos cabos através da malha. Para o esforço de protensão inicial assumiu-se o valor de 8060 libras por cabo, correspondente a uma deformação de 0,5%.

Adotou-se, como sendo de 55", o comprimento médio dos cabos; dessa forma o acréscimo de deformação em um cabo será:

$$X = \frac{(-DW(1,J,K) + DW(18,J,K)) \times 100}{55 \times 10^3}$$

Logo:

$$X = 0,0018 \times [-DW(1,J,K) + DW(18,J,K)]$$

O trecho não linear da curva de carregamento do gráfico da figura B3 foi substituído pelos três trechos retilíneos que aparecem pontilhados. Teremos, assim de ajustar três equações para essas retas. As equações serão:

a)  $X \leq 0 \quad Q = QEXT$

b) Deformação acima da protensão inicial e abaixo do limite de proporcionalidade.

$$0 < X \leq 0,1 \Rightarrow Q = \left(1 + \frac{1840}{8060 \times 0,1} X\right) QEXT = (1 + 2,28X) QEXT$$

c) Primeiro trecho linear

$$0,1 < X \leq 0,5 \Rightarrow Q = \left(\frac{9400}{8060} + \frac{2600}{8060 \times 0,5} X\right) QEXT =$$

$$= (1,165 + 0,645 X) QEXT$$

d) Segundo trecho linear

$$0,5 < X \leq 1,5 \Rightarrow Q = \left(\frac{11600}{8060} + \frac{1200}{8060 \times 1,5} X\right) QEXT = (1,44 + 0,1X) QEXT$$

e) Último trecho linear (o cabo atinge a ruptura para uma deformação de 4%)

$$1,5 < X \leq 3,5 \Rightarrow Q = \left( \frac{12500}{8060} + \frac{700}{8060 \times 3,5} X \right) Q_{EXT}$$

$$Q = (1,55 + 0,025X) Q_{EXT}$$

f) Na ruptura

$$X > 3,5 \Rightarrow Q = 0$$

## 2) Esforço de Protensão Circunferencial

Para a protensão circunferencial, optou-se pelo arame G K. N , com diâmetro de 1,02 mm O gráfico da Figura B4 mostra o resultado de um ensaio de tração desse arame, e conforme o leitor pode observar, podemos representar as relações tensão-deformação mediante duas retas

1ª reta – De (0,0) até 1,625 KNewtons a 1% de deformação.

2ª reta – De 1,625 KNewtons até 370 lbs a 2% de deformação.

O diâmetro do vaso mede 42 polegadas. Os arames são aplicados com deformação inicial de 0,6% Nas extremidades das linhas retas que substituirão a curva tensão-deformação temos:

$$\text{Deformação} = 1\% - DU = 840 \times 10^{-4}$$

$$\text{Deformação} = 2\% - DU = 2940 \times 10^{-4}$$

Então:

$$\text{IF (DU. LE 0) P = PEXT}$$

$$\text{IF (DU LE 840) P = \left( 1 + \frac{1,65}{840} DU \right) P EXT}$$

$$\text{IF (DU GT. 840 AND DU. LE. 2940)}$$

$$P = (1,638 + 1,43 \times 10^{-4} \cdot DU) \cdot PEXT$$

$$\text{IF (DU. GT 2940) P = 0}$$

tipo (A-4)

Emprego Artístico Michelangelo

Formato do Papel 210 x 297 mm

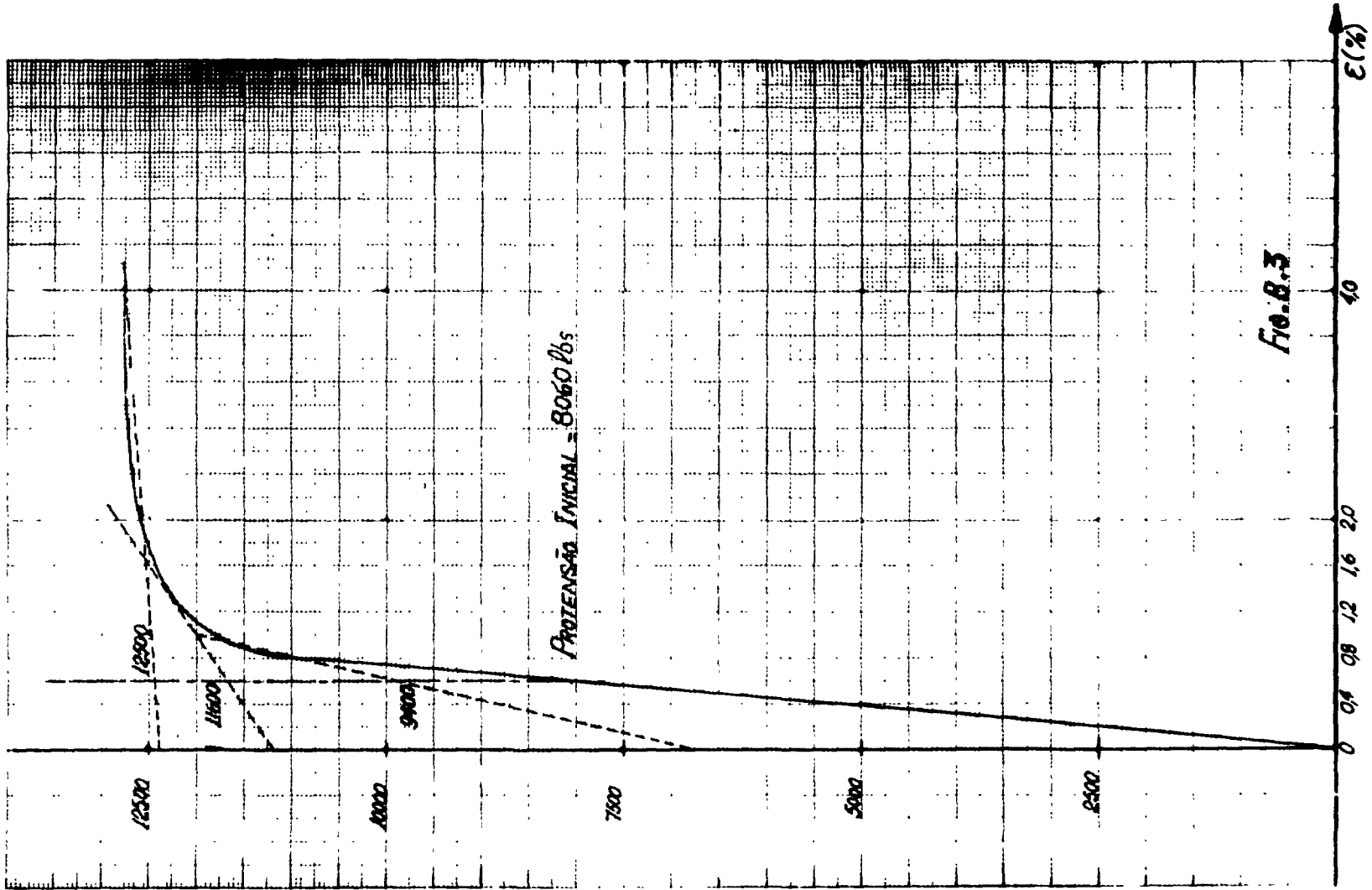


Fig. B.3

Figura B.3

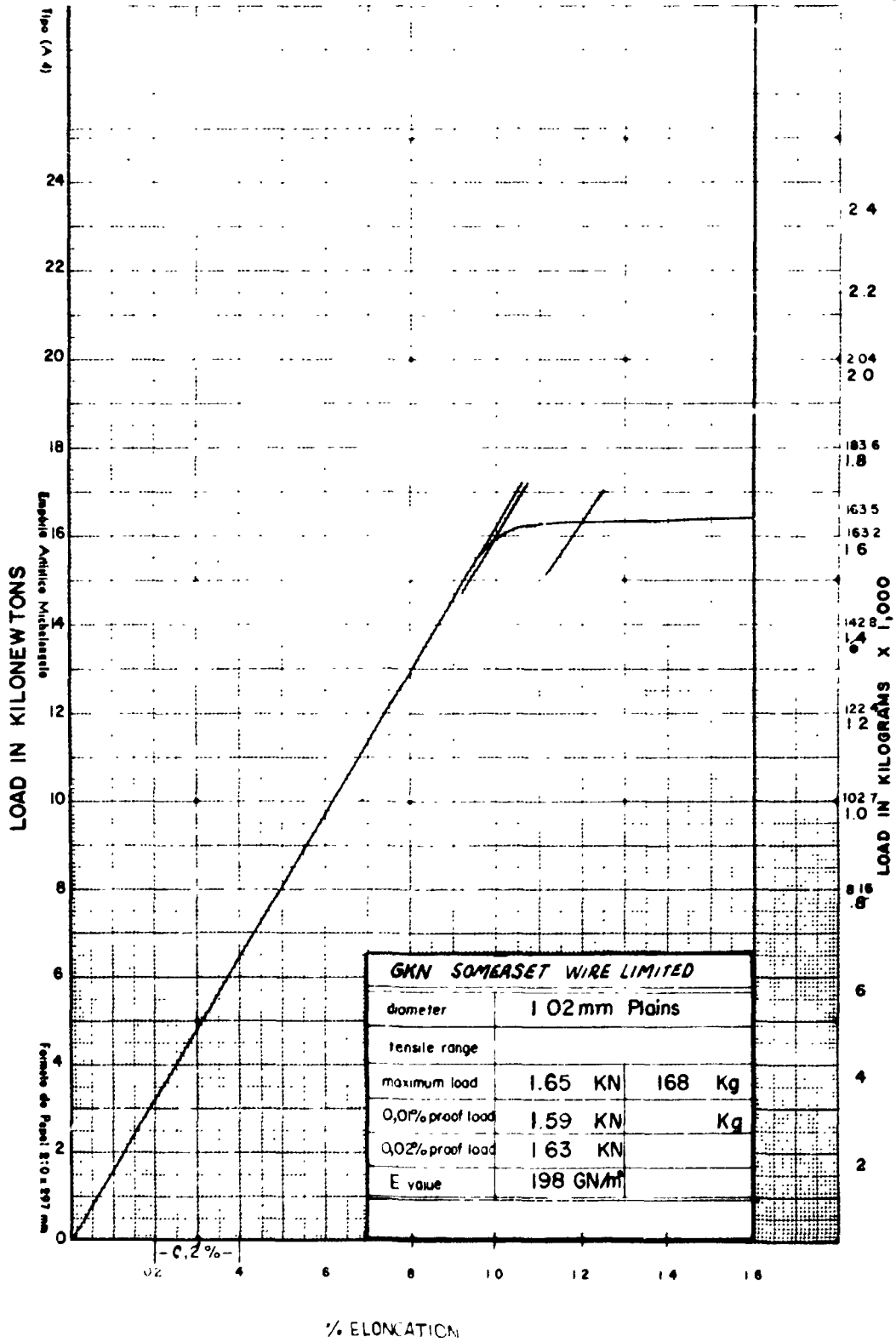


Figure B.4

**ABSTRACT**

This work, written by Eng Ian Davidson, consultant to the IEA, is intended to demonstrate the Dynamic Relaxation Method applied to 3 dimensional concrete structures. Enjs Mauro Ribeiro de Assis Bestos and Pedro Bento de Camargo were also involved with this work, the latter is responsible for the pressure vessel research programme being pursued in IEA.

The reactor pressure vessels for nuclear reactors when designed for construction in concrete necessitate a very detailed calculations to describe the propagation of cracks.

The Dynamic Relaxation Method, utilising the method of finite differences, allows the growth of cracks to be followed up to the point of vessel rupture.

The Dynamic Relaxation Method has been used for about two decades in Europe. It has been introduced into Brazil by Eng Ian Davidson who has utilized it in the analysis of a 1/20 scale model of a concrete pressure vessel which the IEA proposes to construct.

The FORTRAN IV program developed by the authors to calculate the above mentioned structure can be utilized, with necessary modifications, for other structure calculations.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. DAVIDSON, I Theoretical and experimental modes of behaviour of cylindrical model prestressed concrete pressure vessels when pressurised to failure hydraulically and pneumatically. *Nucl. Engng Des.*, Amsterdam, 20:575-85, 1972.
2. OTTER, J R H Dynamic relaxation *Proc Instn civ. Engrs*, London, 35:633-56, 1966.
3. HOLLAND, J A Dynamic relaxation applied to local effects. In: THE INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS, London. *Conference on prestressed concrete pressure vessels at Church House, Westminster, S. W. I., 13-17 March, 1967* London, 1968. p 587-95.
4. DAVIDSON, I Response of structures to seismic excitation. *J. Br. nucl. Energy Soc.*, London, 12:257-60, 1973.
5. SOKOLNIKOFF, I. S. *Mathematical theory of elasticity*. 2. ed. New York, McGraw-Hill, 1956.
6. TIMOSHENKO, S & GOODIER, J. N *Teoria de la elasticidad*. 2. ed Bilbao, Ediciones Urmo, 1934.
7. DAVIDSON, I *The analysis of cracked structures*. São Paulo, Instituto de Energia Atômica, maio 1974 (IEA-337)