ESTUDO DE TENSÕES PELO MÉTODO DAS LINHAS DE FLUÊNCIA

DISSERTAÇÃO APRESENTADA PARA
A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MES-
TRE EM ENGENHARIA MECÂNICA.

ORIENTADOR-
PROF. Dr. ALFREDO OTTO REHDER

SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CAMPUS DE SÃO CARLOS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
1973

SAMUEL WASHINGTON CELERE

ESTUDO DE TENSÕES PELO MÉTODO DAS LINHAS DE FLUÊNCIA

Dissertação apresentada pa
ra a obtenção do título de mes
tre em Engenharia Mecânica

Orientador- Prof. Dr. Otto
Alfredo Rehder

SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CAMPUS DE SÃO CARLOS
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
1973

DEDALUS - Acervo - EESC

31100017606

AGRADECIMENTOS

Queremos nesta oportunidade agradecer a valiosa contribuição do Prof. Dr. Otto Alfredo Rehder pela orientação e incentivo e aos funcionários do CPD pela amissosa dedicação.

RESUMO

Trata-se de uma análise elasto plástica de tensões planas nos métodos de conformação em forjamentos com matriz aberta ou fechada e trefilação. Emprega-se o método das linhas de fluência, desenvolvido por Hencky e Prager. O estudo visa a determinação das tensões na região plástica e do campo de velocidades na região deformada, utilizando o método de Prager aplicado a um processo analítico.

ABSTRACT

An elastoplastic analysis of plane strain in axisymmetric flat and closed punch die die and wiredrawing was made using the slip lines method, developed by Hencky and Prager. Studies were made to determine the strains in the plastic zone and the velocities in the deformed zone using the Prager's method applied in an analytical process.

SUMÁRIO

1- Introdução	1
2- Fundamentos Teóricos	1
2.1- Estudo das tensões	1
2.2- Estudo das tensões no ponto	7
2.3- Descontinuidade na tensão	9
2.4- Estudo de tensões ao longo da linha de fluência	11
3- Estudo cinemático	14
3.1- Campo de velocidades	14
4- Teorema de Hencky	18
5- Aplicação do método	19
5.1- Determinação dos pontos intersecção das linhas	19
5.2- Hodógrafo	29
5.3- Interpolação de pontos	29
6- Programa FORTRAN	33
6.1- Diagrama em blocos	34
6.2- Listagem e resultados obtidos	36
6.2.1- Pontos da malha de linhas de fluência	44
6.2.2- Pontos interpolados	46
6.2.3- Tensões, áreas e formas nos trechos	55
6.2.4- Hodógrafo	74
6.2.5- Gráficos	83
6.3- Modo de operar o programa	85
7- Bibliografia	87

1- Introdução

Os problemas sobre deformação plástica receberam uma atenção considerável após os trabalhos de Prandl em 1920. Prandl sugeriu um campo de linhas de cisalhamento como solução para forjamento com matriz aberta, supondo que o material imediatamente abaixo da punção ficasse rígido e indeformável. Hill e outros propuseram uma solução mais exata, levando em conta o campo de velocidades de deformação. Hencky e Prager desenvolveram uma sistemática de estudo que permite determinar as linhas de fluência (ou de máxima tensão de cisalhamento) por processos gráficos.

Tais processos podem dar uma boa precisão mas são muito demorados pois baseiam-se numa sistemática de tentativas e erros.

A partir do teorema de Hencky, pode-se por meio de um estudo analítico, determinar os pontos de cruzamento das linhas onde é máxima a tensão de cisalhamento, assimilando os segmentos de linhas a segmentos de retas. Esta aproximação é válida para um número de pontos intersecção de curvas até 225 correspondendo a 15 pontos em cada linha.

Os cálculos são feitos por computador digital, permitindo a rápida obtenção de resultados.

2- Fundamentos teóricos

2.1- Estudo das tensões

Os planos onde existem deformações são aqueles de máxima tensão de cisalhamento. Estes planos formam um conjunto de curvas chamadas linhas de fluência ou linhas de cisalhamento.

O círculo de MOHR correspondente a um ponto de um destes planos encontra-se representado na figura (1), onde k é constante e as tensões estão determinadas pelo valor de σ_m . O elemento material em que estamos interessados não é formado por coordenadas de sistemas cartesianos fixos, mas sim por um sistema de coordenadas curvilíneas, como mostrado na figura (2).

FIG.- 1

FIG.- 2

Os dois conjuntos de curvas, perpendiculares entre si, são chamados de famílias de curvas α e β . A convenção de sinal adotada é a seguinte: as direções de duas curvas α e β formam ângulos positivos entre si no sentido antihorário e todos os demais ângulos serão considerados positivos no sentido antihorário quando tomados entre as direções positivas de dois eixos quaisquer.

Supõe-se agora o elemento ABCD, com os contornos determinados pelas linhas AD e BC pertencentes à uma família de curvas α e pelas linhas DC e AB pertencentes à uma família de curvas β . Supõe-se ainda que as famílias α e β tenham as suas curvas ortogonais entre si. As curvas AD, BC, DC e AB foram determinadas a partir do ponto O (determinado pela intersecção de curvas das famílias α e β) com os incrementos $\pm \Delta\alpha/2$ e $\pm \Delta\beta/2$, como mostrado na figura (3).

Considera-se o eixo z normal a xy e o ângulo entre yz é positivo quando se tomam ângulos no sentido antihorário. O elemento ABCD é considerado suficientemente pequeno para que suas faces sejam planos paralelos a xy e além disso a altura z do elemento é considerada constante e unitária.

FIG.-3

As curvas estão orientadas segundo as direções positivas indicadas na figura (3), e os ângulos são positivos no sentido antihorário.

Os ângulos $\delta\theta$ e $\delta\phi$ são tomados das tangentes para a curva e os raios r_β e r_α serão positivos ou negativos conforme descrevem ângulos positivos ou negativos a partir do ponto O, para a curva que os definem. Na direção positiva das curvas α a força normal $F_{\alpha+}$ tem componente:

$$F_{\alpha+} = \left(\sigma_\alpha + \frac{\partial \sigma_\alpha}{\partial \alpha} \cdot \frac{\Delta \alpha}{2} \right) \cdot l \cdot AB \cdot \cos \left(\frac{-\delta\phi}{2} \right) \quad (1)$$

Na direção negativa será:

$$F_{\alpha-} = \left(\sigma_{\alpha} - \frac{\partial \sigma_{\alpha}}{\partial \alpha} \frac{\Delta \alpha}{2} \right) \cdot L \cdot CD \cdot \cos \left(+ \frac{\delta \phi}{2} \right) \quad (2)$$

O ângulo entre as curvas DA e CB (considerando-se que os arcos compreendem ângulos muito pequenos) será $\delta \theta$. E também:

$$r_{\theta} \delta \theta = \Delta \beta \quad (3)$$

O raio de curvatura de AB será:

$$r_{AB} = r_{\beta} + \frac{\Delta \alpha}{2} \quad (4)$$

$$e \quad AB = r_{AB} \delta \theta = \left(r_{\beta} + \frac{\Delta \alpha}{2} \right) \delta \theta \quad (5)$$

ou

$$AB = \Delta \beta + \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_{\beta}} \quad (6)$$

da mesma maneira,

$$\delta \phi = \frac{\Delta \alpha}{r_{\alpha}} \quad (7)$$

e como

$$\cos \left(-\frac{\delta \phi}{2} \right) = \cos \left(+\frac{\delta \phi}{2} \right) \simeq 1 \quad (8)$$

e

$$CD = \Delta \beta - \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_{\beta}} \quad (9)$$

Substituindo os valores de AB e CD nas equações

(1) e (2), teremos a componente de F_{α} na direção α :

$$\begin{aligned} C \sigma_{\alpha} = & \left(\sigma_{\alpha} + \frac{\partial \sigma_{\alpha}}{\partial \alpha} \frac{\Delta \alpha}{2} \right) \cdot \left(\Delta \beta + \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_{\beta}} \right) - \\ & - \left(\sigma_{\alpha} - \frac{\partial \sigma_{\alpha}}{\partial \alpha} \frac{\Delta \alpha}{2} \right) \cdot \left(\Delta \beta - \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_{\beta}} \right) \end{aligned} \quad (10)$$

As forças nas direções das linhas β terão componentes nas direções das linhas α pois as r_{β} e seus incrementos estão inclinados de $(\pi/2 + \delta \theta/2)$ em relação às linhas α .

Portanto a resultante será:

$$\begin{aligned} C \sigma_{\beta} = & - \left[\left(\sigma_{\beta} + \frac{\partial \sigma_{\beta}}{\partial \beta} \frac{\Delta \beta}{2} \right) \cdot BC \cdot L \cdot \sin \left(\frac{\delta \theta}{2} \right) + \right. \\ & \left. + \left(\sigma_{\beta} - \frac{\partial \sigma_{\beta}}{\partial \beta} \frac{\Delta \beta}{2} \right) \cdot AD \cdot L \cdot \sin \left(\frac{\delta \theta}{2} \right) \right] \end{aligned} \quad (11)$$

e com

$$B_C = \left(-r_\alpha + \frac{\Delta\beta}{2} \right) \delta\phi = \Delta\alpha - \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\alpha} \quad (12)$$

$$A_D = \left(-r_\alpha - \frac{\Delta\beta}{2} \right) \delta\phi = \Delta\alpha + \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\alpha} \quad (13)$$

$$\sin \frac{\delta\theta}{2} \simeq \frac{\delta\theta}{2} \simeq \frac{\Delta\beta}{2r_\beta} \quad (14)$$

A resultante da força devido as tensões da direção β como componente na direção α será:

$$\begin{aligned} C \sigma_\beta = & - \left[\left(\sigma_\beta + \frac{\partial \sigma_\beta}{\partial \beta} \frac{\Delta\beta}{2} \right) \left(\Delta\alpha - \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\alpha} \right) \frac{\Delta\beta}{2r_\beta} + \right. \\ & \left. + \left(\sigma_\beta - \frac{\partial \sigma_\beta}{\partial \beta} \frac{\Delta\beta}{2} \right) \left(\Delta\alpha + \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\alpha} \right) \frac{\Delta\beta}{2r_\beta} \right] \quad (15) \end{aligned}$$

A força devido a tensão de cisalhamento na face AB tem como componente na direção α :

$$C \tau_{\beta\alpha} = \left(\tau_{\beta\alpha} + \frac{\partial \tau_{\beta\alpha}}{\partial \alpha} \frac{\Delta\alpha}{2} \right) \left(\Delta\beta + \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\beta} \right) \sin \left(\frac{-\delta\phi}{2} \right) \quad (16)$$

Na face CD será:

$$C \tau_{\beta\alpha} = \left(\tau_{\beta\alpha} - \frac{\partial \tau_{\beta\alpha}}{\partial \alpha} \frac{\Delta\alpha}{2} \right) \left(\Delta\beta - \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\beta} \right) \sin \left(\frac{+\delta\phi}{2} \right) \quad (17)$$

Para ambas as faces

$$\sin \left(\frac{\pm \delta\phi}{2} \right) \simeq \delta\phi \simeq - \frac{\Delta\alpha}{r_\alpha} \quad (18)$$

Na face DA

$$C \tau_{\alpha\beta} = - \left(\tau_{\alpha\beta} - \frac{\partial \tau_{\alpha\beta}}{\partial \beta} \frac{\Delta\beta}{2} \right) \left(\Delta\alpha + \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\alpha} \right) \quad (19)$$

Na face BC

$$C \tau_{\alpha\beta} = \left(\tau_{\alpha\beta} + \frac{\partial \tau_{\alpha\beta}}{\partial \beta} \frac{\Delta\beta}{2} \right) \left(\Delta\alpha - \frac{\Delta\alpha \Delta\beta}{2r_\alpha} \right) \quad (20)$$

Somando todos os termos e cancelando os termos iguais e de ordem superior, teremos, na ausência de forças externas:

$$2 \frac{\partial \sigma_\alpha}{\partial \alpha} \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2} + 2 \sigma_\alpha \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_\beta} - 2 \sigma_\beta \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_\beta} - 2 \frac{\partial \tau_{\alpha\beta}}{\partial \beta} \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2} - \left(2 \tau_{\beta\alpha} \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_\alpha} + 2 \tau_{\alpha\beta} \frac{\Delta \alpha \Delta \beta}{2 r_\alpha} \right) = 0 \quad (21)$$

ou

$$\frac{\partial \sigma_\alpha}{\partial \alpha} + \frac{\partial \tau_{\alpha\beta}}{\partial \beta} + \frac{\sigma_\alpha - \sigma_\beta}{r_\beta} - 2 \frac{\tau_{\alpha\beta}}{r_\alpha} = 0 \quad (22)$$

para as linhas α .Da mesma maneira, para as linhas β teremos:

$$\frac{\partial \sigma_\beta}{\partial \beta} + \frac{\partial \tau_{\beta\alpha}}{\partial \alpha} + \frac{\sigma_\beta - \sigma_\alpha}{r_\alpha} + 2 \frac{\tau_{\beta\alpha}}{r_\beta} = 0 \quad (23)$$

supondo $\sigma_\beta = \sigma_\alpha = \sigma_m$ e $\tau_{\alpha\beta} = \tau_{\beta\alpha} = k$ teremos, pelas equações (22) e (23) respectivamente válidas para as linhas α e β :

$$\frac{\partial \sigma_m}{\partial \alpha} + \frac{\partial k}{\partial \beta} - 2 k \frac{\partial \phi}{\partial \alpha} = 0 \quad (\text{linhas } \alpha) \quad (24)$$

$$\frac{\partial \sigma_m}{\partial \beta} + \frac{\partial k}{\partial \alpha} + 2 k \frac{\partial \phi}{\partial \beta} = 0 \quad (\text{linhas } \beta) \quad (25)$$

integrando as equações (24) e (25):

$$\sigma_m - 2 k \phi + \int \frac{\partial k}{\partial \beta} d\alpha = C_\alpha \quad (\text{linhas } \alpha) \quad (26)$$

$$\sigma_m + 2 k \phi + \int \frac{\partial k}{\partial \alpha} d\beta = C_\beta \quad (\text{linhas } \beta) \quad (27)$$

para um material perfeitamente plástico:

$$\frac{\partial k}{\partial \beta} = \frac{\partial k}{\partial \alpha} = 0 \quad (28)$$

as equações (26) e (27) ficam:

$$\sigma_m - 2 k \phi = C_\alpha \quad (\text{linhas } \alpha) \quad (29)$$

$$\sigma_m + 2 k \phi = C_\beta \quad (\text{linhas } \beta) \quad (30)$$

As (29) e (30) são as equações de Hencky.

FIG.-5

FIG.-4

Do círculo de Mohr da figura (4) representando o estado de tensões do ponto O da figura (5), teremos:

$$\sigma_x = \sigma_m - K \sin 2\phi \quad (31)$$

$$\sigma_y = \sigma_m + K \sin 2\phi \quad (32)$$

$$\tau_{xy} = K \cos 2\phi \quad (33)$$

2.2- Estudo das tensões no ponto

Toma-se agora um ponto intersecção de uma linha de fluência com outras, conforme a figura (7) e seu círculo de Mohr correspondente, representado pela figura (6).

Seja então um ponto P sob uma deformação plástica plana, este ponto está em um campo de linhas de fluência (o plano do papel representa o plano físico). Este ponto também é a origem de um sistema de coordenadas cartesianas, como mostrado na figura (7).

FIG.- 6

FIG.- 7

Os ângulos, medidos no sentido anti-horário, estão relacionados não com as tensões, mas com os planos sobre os quais elas agem, e são contados a partir do ramo negativo do eixo dos y . As tensões atuantes no plano PX estão representadas pelo ponto X' no círculo de Mohr da figura (6). Se considerarmos um plano PQ que faça um ângulo γ com o lado negativo do eixo dos y , e neste ponto colocarmos uma tensão resultante T , esta tensão terá componentes τ_s e σ_n que irão determinar o ponto Q' no círculo de Mohr. Para se determinar a direção do vetor T , a normal n do plano físico deve ser rodada de ϕ , mas no sentido oposto. O diagrama de Mohr resultante é chamado de plano de tensões. O ângulo central que compreende o arco $X'Q'$ é igual a 2γ e medido no sentido anti-horário a partir do raio que

passa por X' . As linhas $X'P'$ e $Q'P'$ são traçadas paralelas às linhas PX e QX formando assim um ângulo ϕ e com vertice em P' , polo do círculo de Mohr. Conhecido o polo, qualquer outro ponto do círculo - que corresponda a uma superfície poderá determinar o sistema de tensões desde que seja traçado a partir do polo, uma paralela à superfície dada. A intersecção desta reta com o círculo correspondente a condição de tensões do elemento.

FIG. - 8

FIG. - 9

Os pontos I e II do círculo de Mohr da figura (8) e o correspondente plano físico representado pela figura (9), se reportar a elementos de superfície onde se transmite a máxima tensão de cisalhamento. As direções dos planos onde a tensão de cisalhamento é máxima são dadas por paralelas a $P'I$ e $P'II$ e são chamadas de primeira e segunda tensão de cisalhamento correspondendo as linhas de fluência α e β .

2.3- Descontinuidade na tensão

Supõe-se agora que exista uma superfície em regi

me de tração e que a resultante tenha um ângulo ϕ com a normal naquele ponto figuras (10) e (11).

FIG.-10

FIG.-11

A tração T e o ângulo ϕ determinam o ponto Q' no círculo de Mohr que representa o estado de tensões no ponto P . Existem dois círculos com raio K que podem conter o ponto Q' , um com centro à direita e outro com centro à esquerda de Q' . Qualquer destes círculos podem ser uma solução possível, se não tivermos outras condições de contorno. Esta incerteza vem do critério de resistência:

$$\sigma_x - \sigma_y = \pm 2 \sqrt{K^2 - \tau_{xy}^2} \quad (34)$$

Assim, se somente σ_x e τ_{xy} são conhecidos, existem dois valores para σ_y (e com $\tau_{xy} = 0$, o valor máximo de σ_y será função de $\pm 2 \sqrt{K^2}$).

Existe então uma descontinuidade em uma das tensões no ponto P . Devido as condições de equilíbrio da figura (12), σ_x deve ser contínuo, mas σ_y necessariamente não.

FIG.-12

2.4- Estudo de tensões ao longo da linha de fluência

Até aqui considerou-se o estudo de tensões em um ponto. Determina-se agora o estado de tensões quando nos movemos ao longo de uma linha de fluência.

FIG.-13

Seja a figura (13) representado o plano físico com um campo de linhas de fluência nos quais $P_1, P_2, P_3 \dots$ são pontos de uma das linhas da família de curvas α , e $Q_1, Q_2, Q_3 \dots$ são os pontos de uma das linhas da família de curvas β . Supõe-se ainda que os arcos de curvas P_1, P_2, P_3 etc. possam ser substituídos por segmentos de retas (isto é, as distâncias $P_1-P_2, P_2-P_3 \dots$ são muito pequenas) e que as direções entre o eixo e as linhas α formem ângulos positivos no sentido anti-horário.

O estado de tensões é dado pelas equações (29) e (30) chamadas equações de Hencky

$$\sigma_m - 2k\phi = C_\alpha \quad (\text{linhas } \alpha) \quad (29)$$

$$\sigma_m + 2k\phi = C_\beta \quad (\text{linhas } \beta) \quad (30)$$

Pela convenção de sinal adotada, as tensões de compressão são negativas e as de alongamento positivas. Na mesma convenção, as tensões surgem sobre os elementos achurados da figura (13).

FIG.-14

O vetor T_1 em P_1 dá o ponto I da figura (14)

Examina-se agora o que acontece ao círculo de Mohr ao longo da linha α quando a percorremos de P1 a P2. O estado de tensões no ponto P1 é representado pelo círculo 1 da figura (14). Como foi visto, as linhas I_1, P_1' e II_1, P_1' são paralelas às correspondentes linhas de fluência pelo ponto P_1 e dão o polo P_1' . Das equações de Hencky, em P1, temos:

$$\sigma_{m1} = C\alpha + 2K\phi_1 \quad (35)$$

e em P2

$$\sigma_{m2} = C\alpha + 2K(\phi_1 + \delta\phi) = \sigma_{m1} + 2K\delta\phi \quad (36)$$

O estado de tensões no ponto P2 pode ser representado pelo 2º círculo de Mohr a distância σ_{m2} da origem e que pela nossa convenção de sinais, é consistente com o círculo traçado.

Novamente traçamos I_2, P_2' e II_2, P_2' paralelas as linhas de fluência no ponto P_2 , resultando o novo polo P_2' . As linhas I_2, P_2' e I_1, P_1' formam um ângulo $\delta\phi$ entre si. Traçamos uma paralela a I_2, P_2' por I_1 . Determinaremos o ponto P^* no círculo 1. Devido ao fato que o ângulo no centro do círculo que subentende um arco é duas vezes maior àquele em cujo vértice está sua circunferência e subentende o mesmo arco, o polo P_2' é determinado por uma translação do círculo a uma distância $2K\delta\phi$ e uma rotação de um ângulo $2\delta\phi$. Como o raio do círculo é K, isto é o mesmo que deslocarmos sem escorregamento o círculo 1 ao longo da linha AA'. Por este processo teremos então determinado o campo de tensões ao longo de uma linha α . Da mesma maneira, pode-se ver que o campo de tensões ao longo de uma linha β estará determinado pelas ciclóides rolando ao longo da linha BB'. O arco $P_1'P_2'$ é normal a linha I_1, P_1' no ponto P_1' . Como a linha I_1, P_1' é paralela a linha P_1P_2 do plano físico, os segmentos de uma mesma linha de fluência serão perpendiculares aos segmentos correspondentes da linha traçada no plano de tensões e a cada ciclóide (curva que determina as tensões de uma linha de fluência) corresponde um valor de $C\alpha$ ou $C\beta$ constante.

3- Estudo dinâmico

3.1- Campo de velocidades

Determina-se agora o campo de velocidades das partículas, em função das linhas de fluência.

FIG.-15

Os segmentos de retas P_1-P_2 , P_2-P_3 , etc. fazem parte de uma linha α , como mostrado na figura (15), com ângulos ϕ , $\phi + \delta\phi$, etc. no sentido antihorário a partir do eixo x . A linha $P_2 Q'_2$ é perpendicular a $P_1 P_2$ e portanto um segmento de uma linha β . A velocidade do ponto P_1 tem componentes u e v nas direções α e β e a velocidade no ponto P_2 tem componentes $u + \delta u$ e $v + \delta v$ respectivamente nas direções α e β . Para que não haja descontinuidade no ponto P_2 , a projeção das velocidades neste ponto, na direção $P_1 P_2$, deve ter como resultante u , assim:

$$(u + \delta u) \cos \delta\phi - (v + \delta v) \sin \delta\phi = 0 \quad (37)$$

e como $\delta\phi$ é pequeno e desprezando os termos de 2ª ordem, temos:

$$\delta u - v \delta\phi = 0 \quad (38)$$

que no limite dá:

$$\frac{\partial v}{\partial \phi} - v = 0 \quad (\text{linhas } \alpha) \quad (39)$$

e da mesma maneira:

$$\frac{\partial v}{\partial \psi} + v = 0 \quad (\text{nas linhas } \beta) \quad (40)$$

As equações (39) e (40) são chamadas equações de Geiringer.

Prager mostrou como se constrói um diagrama de velocidades ou hodógrafo, com o uso da constância do volume do material e das equações de Geiringer.

Vamos considerar o mesmo campo de linha de fluência mostrado na figura (13), e tomemos as componentes das velocidades nas direções α e β como sendo $\underline{u}$ e $\underline{v}$ (figura 16).

FIG.-16

A soma dos vetores $\underline{u}$ e $\underline{v}$ em P_1 é a velocidade resultante $P_1 O_1$. Da mesma maneira a resultante em P_2 é $P_2 O_2$, soma

de $u + \delta u$ e $v + \delta v$. Tomando uma origem de velocidade O'' e traçado os vetores $O''P_1''$ e $O''P_2''$ paralelos e proporcionais a O_1P_1 e O_2P_2 da rede de linhas de fluência, a equação de Geiringer $\delta u - v \delta \phi = 0$ diz que a projeção de $P_1''P_2''$ sobre o elemento P_1P_2 deve ser zero, pois $P_1''P_2''$ é a diferença em velocidade de P_2 e P_1 e deve ser zero na direção P_1P_2 para extensão nula da linha de fluência. Em outras palavras, as linhas dos elementos do campo de velocidades devem ser normais às linhas correspondentes do elemento no campo físico. Em geral, os elementos correspondentes de um campo de linhas de fluência e o hodógrafo são perpendiculares entre si e os elementos correspondentes ao campo de tensões e o hodógrafo são paralelos entre si.

3.2- Descontinuidade na velocidade

A incompressibilidade do material nos diz que a componente normal da velocidade em uma linha de fluência deve ser contínua, mas a componente tangencial, quando estamos em cada lado de uma linha de fluência, necessariamente não.

Como exemplo, vamos supor que a linha AB da figura (17) seja parte de uma linha de fluência de uma família α , e que nos pontos A e B tenhamos o cruzamento de outras linhas de fluência da família β .

No ponto A, as componentes de velocidades nas direções das linhas de fluência no lado 1 da curva AB estão representadas, segundo a figura (17) por u e v . Se o material é contínuo e incompressível, a componente v_2 normal ao lado AB deve ser igual a v_1 , também normal a AB e no lado 2 da figura (17). Podemos visualizar o material do lado 2 deslizando sobre o material do lado 1 paralelo a linha de fluência em A, e isto pode ser indicado vetorialmente por u_2 diferente de u_1 figura (18).

R_1 é a velocidade resultante no lado 1 e R_2 é a velocidade resultante no lado 2, com uma descontinuidade $(u_2 - u_1)$ relativa ao lado 1. O vetor $u_2 - u_1$ deve ser tangencial a linha de fluência em A.

FIG.-17

FIG.-18

FIG.-19

FIG.-20

Pela figura (19) podemos considerar a descontinuidade no campo de velocidades como uma faixa muito pequena no plano físico, onde a velocidade varia rapidamente de uma maneira contínua. Se h tende a zero a razão de cisalhamento tende a infinito. Referindo-se novamente à figura (17), as equações de Geiringer para o ponto A estabelecem para o lado 1.

$$\oint u_1 - v_1 \oint \phi = 0 \quad (41)$$

e para o lado 2

$$\oint u_2 - v_2 \oint \phi = 0 \quad (42)$$

e como $v_1 = v_2$, temos:

$$\frac{d}{d\phi} (v_2 - v_1) = 0 \quad (43)$$

$$\text{ou } u_2 - u_1 = \text{cte} \quad (44)$$

Ao longo de uma linha de descontinuidade, o salto na componente tangencial é constante nesta linha. O hodógrafo a agora pode ser completado para o elemento AB, conforme a figura (20).

Os pontos O'' , A''_1 e A''_2 formam o diagrama de velocidades do ponto A. O vetor $O'' B''_1$ representa a velocidade do material imediatamente no canto do setor 3, determinado pelas equações de Geiringer e o conhecimento do ângulo β entre A e B, pela linha AB. A equação (44) nos diz que $B''_1 B''_2 = A''_1 A''_2$ e $B''_1 B''_2$ é ortogonal a AB. Qualquer ponto da curva $A''_1 B''_1$ relativo ao ponto fixo O'' representa a velocidade do ponto correspondente em AB do lado esquerdo, da mesma maneira, qualquer ponto de $A''_2 B''_2$ relativo ao ponto O'' representa a velocidade correspondente do ponto no lado direito de AB. As curvas são paralelas.

4- Teorema de Hencky

Considera-se agora o elemento ABPQ de uma malha de linhas de fluência α e β mostrado na figura (21).

Das equações (29) e (30) têm-se que a diferença entre as tensões médias σ_m calculada entre A e Q, será pelo ponto B:

$$\sigma_Q - \sigma_A = (\sigma_Q - \sigma_B) + (\sigma_B - \sigma_A) \quad (45)$$

e também

$$\sigma_Q - \sigma_A = 2K(\phi_Q - \phi_B) + 2K(\phi_A - \phi_B) = 2K(\phi_Q + \phi_A - 2\phi_B) \quad (46)$$

Da mesma maneira pelo ponto P será:

$$\begin{aligned} \sigma_Q - \sigma_A &= (\sigma_Q - \sigma_P) + (\sigma_P - \sigma_A) = 2K(\phi_P - \phi_Q) + 2K(\phi_P - \phi_A) = \\ &= 2K(2\phi_P - \phi_Q - \phi_A) \end{aligned} \quad (47)$$

FIG.- 21

pela igualdade das equações (46) e (47) temos:

$$2\phi_P - \phi_Q - \phi_A = \phi_Q + \phi_A - 2\phi_B \quad (48)$$

ou

$$\phi_Q - \phi_P = \phi_B - \phi_A \quad (49)$$

isto é, "o ângulo entre duas linhas de fluência de uma mesma família permanece constante nos pontos de intersecção com as linhas da outra família" (Hencky).

5- Aplicação do método

5.1- Determinação dos pontos intersecção das linhas

A partir deste teorema pode-se determinar os pontos de intersecção das linhas de fluência pelas intersecções de segmentos de retas. Para tanto, vamos considerar o caso de forjamento com ferramenta reta e paralela a face a deformar.

No caso da operação de forjamento, o material imediatamente abaixo da ferramenta sofre uma deformação homogênea. A região homogênea fica definida por duas retas, a primeira, saindo do canto direito da ferramenta, que pertence à família de curvas β ,

faz um ângulo $\phi = 135^\circ$ com o eixo x, que estamos supondo perpendicular ao eixo da ferramenta, como mostrado na figura (22). O sistema de coordenadas adotado é o cartesiano com o eixo x positivo na direção AB e partindo de A para B, a origem colocada sobre o ponto A e o eixo y com a direção perpendicular a x e sentido de cima para baixo.

A segunda reta, saindo do canto esquerdo da ferramenta, pertence à família de curva α e faz um ângulo $\phi = 135^\circ$ com o eixo y, suposto na direção do eixo da ferramenta, como mostrada na figura (22).

FIG.-22

Podemos construir o restante das linhas α e β , como segue:

A partir do ponto A, figura (22), traçaremos um segmento BC com ângulo ϕ . Pelo ponto C, podemos traçar o segmento CD, formando um ângulo γ com o segmento AC. Segundo o teorema de Hencky os segmentos BD e CD pertencem às famílias de curva α e β ortogonais. Os pontos C, D, E, etc, pertencem a um arco de círculo com centro em B e raio BC. Os arcos (cordas) CD, DE, etc. pertencem à primeira curva da família β e os raios BC, BD, BE, etc. pertencem respectivamente

te às 1ª, 2ª, 3ª, etc curvas da família α . Numerando as curvas a partir do ponto C (este ponto pertence à primeira curva da família α e à primeira da família β e por simetria, teremos o conjunto de linhas e pontos como mostrado na figura (23)

FIG.-23

Aplicando novamente o teorema de Hencky aos pontos: (1,2), (1,1) e (2,1), podemos determinar o ponto (2,2) como mostrado na figura (24).

Pela figura (24) temos já determinados:

pontos	$C (x_c, y_c)$	= ponto (1,1)
	$D (x_d, y_d)$	= ponto (2,1)
	$F (x_f, y_f)$	= ponto (1,2)

ângulos	$\theta = 45^\circ + \gamma - \gamma = 45^\circ$	(50)
---------	--	------

	$\Delta = 45^\circ + \gamma - \gamma = 45^\circ$	(51)
--	--	------

e não conhecemos as coordenadas do ponto (2,2), isto é, (x_h, y_h) .

FIG.-24

Este ponto pode ser determinado pela intersecção das retas que passam pelos pontos FH e DH. Podemos então, conhecidas as coordenadas do ponto H, determinar de maneira semelhante as do ponto I, assim sucessivamente.

A sequência do cálculo fica assim constituída :
A partir dos pontos A e B (a distância AB é igual ao comprimento da ferramenta) e com um sistema xy de coordenadas como indicado na figura (22), teremos:

$$J = 1, 2, \dots, N$$

$$AB = b$$

$$x(1, J) = b - \frac{b}{\sqrt{2}} \cos \left[45 + (J-1) \gamma \right] \quad (52)$$

linha β_1

$$y(1, J) = \frac{b}{\sqrt{2}} \sin \left[45 + (J-1) \gamma \right] \quad (53)$$

$$I = 1, 2, \dots, N$$

$$x(I,1) = \frac{b}{\sqrt{2}} \cos \left[45 + (I-1)^\circ \right] \quad (54)$$

linha α_i

$$y(I,1) = y(1,J) \quad (55)$$

Os pontos $(I, 1)$. $I=1, N$ da linha α_1 e os pontos $(1, J)$, $J=1, N$ da linha β_1 ficam determinados. Qualquer outro ponto poderá ser determinado da seguinte maneira:

Estamos supondo a numeração indicada na figura (25), para os pontos, isto é:

As linhas β_i e α_i recebem numeração crescente no sentido do triângulo ABC para o ponto (N, N)

ponto K	$x(I, J)$ $y(I, J)$	ponto L	$x(I, J+1)$ $y(I, J+1)$
ponto M	$x(I+1, J)$ $y(I+1, J)$	ponto P	$x(I+1, J+1)$ $y(I+1, J+1)$

$$\text{ângulos} \quad \theta_1 = 45 + (I-J) \gamma \quad (56)$$

$$\theta_2 = 45 + (J-I) \gamma \quad (57)$$

e

$$x(I+1, J+1) = \left[y(I, J+1) - y(I+1, J) - x(I+1, J) \right] t_{\gamma} \theta_1 + x(I, J+1) t_{\gamma} \theta_2 \bigg/ (t_{\gamma} \theta_1 + t_{\gamma} \theta_2) \quad (58)$$

$$y(I+1, J+1) = \left[x(I+1, J+1) - x(I+1, J) \right] t_{\gamma} \theta_1 + y(I+1, J) \quad (59)$$

$$\theta(I, J) = \theta_2 \quad (60)$$

A partir dos pontos $(1, J)$ e $(I, 1)$ podemos calcular todos os outros pontos com as expressões acima.

Determinaremos assim os pontos das linhas α_i e β_i perpendiculares entre si e onde valem as expressões acima.

Como condição de contorno, pelo ponto (N, N) , junção das linhas α_N e β_N , passam duas tangentes às curvas α_N e β_N que fazem um ângulo igual a 45° como o eixo x.

É conveniente fazermos uma translação do sistema de coordenadas para que o ponto (N, N) coincida com a origem e os eixos x e y tenham as orientações normais indicadas na literatura. Para tanto podemos fazer:

FIG.-26

$$Y'(I, J) = Y(N, N) - Y(I, J) \quad (61)$$

$$X'(I, J) = X(I, J) - X(N, N) \quad (62)$$

FIG.-27

Para manter esta condição de contorno expressa pelas equações (61) e (62) nos casos de trepidação, é necessário que se escolha uma linha particular de tal modo que sua tangente no ponto em que se encontra com a linha α tenha um ângulo igual a 45° com relação ao eixo X.

Com estas imposições, a nossa origem será deslocada para o ponto (L,K) como mostrado na figura (26).

A condição de que as linhas α e β se cruzam na origem formando ângulos de 45° com o eixo X pode ser obtida por uma rotação de um ângulo igual ao da fileira, como mostrado na figura (27).

As equações correspondentes para o novo sistema de coordenadas serão:

$$X(I,J) = Y(I,J) \sin \Omega + X(I,J) \cos \Omega \quad (63)$$

$$Y(I,J) = Y(I,J) \cos \Omega - X(I,J) \sin \Omega \quad (64)$$

Nos casos de extrusão e forjamento com matriz fechada a rotação será de 90° e as equações anteriores continuam válidas com a origem colocada no ponto (N,N).

Com os vários pontos das linhas, podemos agora calcular as áreas parciais nas direções X e Y.

Áreas nas direções X e Y

linhas

$$A_X = Y^2(I,J) - Y^2(I,J-1) \quad (65)$$

$$A_Y = X(I,J) - X(I,J-1) \quad (66)$$

linhas

$$A_X = Y^2(I,J) - Y^2(I-1, J) \quad (67)$$

$$A_Y = X(I,J) - X(I-1, J) \quad (68)$$

Temos assim as tensões nas direções X e Y calculadas pelas expressões (31), (32), (33), (29), (30), as áreas pelas expressões (65), (66), (67) e (68) e podemos então calcular a força

em cada trecho.

Das equações (31), (32), (33), (29) e (30) aplicadas ao ponto (1,1) temos:

$$\sigma_x(1,1) = 0 \quad (69)$$

que substituída na (31):

$$\sigma_m(1,1) = K \sin(2\phi_{11,1}) \quad (70)$$

$$C_2(1) = K [\sin 2\phi(1,1) + 2\phi(1,1)] \quad (71)$$

como $C_2(1)$ é constante ao longo da linha β_1 , teremos: no ponto (1,N)

$$\sigma_m(1,N) + 2 K \phi(1,N) = C_2(N) \quad (72)$$

além disso

$$\sigma_m(1,N) - 2 K \phi(1,N) = C_1(N) \quad (73)$$

a solução de (72) e (73) dará o valor de $\sigma_m(1,N)$ e $C_1(N)$

$$C_1(N) = K [4\phi(1,N) + \sin 2\phi(1,1) + 2\phi(1,1)] \quad (74)$$

$$\sigma_m(1,N) = C_1(N) - 2 K \phi(1,N) \quad (75)$$

$$\sigma_x(1,N) = \sigma_m(1,N) - K \sin 2\phi(1,N) \quad (76)$$

$$\sigma_y(1,N) = \sigma_m(1,N) + K \sin 2\phi(1,N) \quad (77)$$

$$\tau_{xy}(1,N) = K \cos 2\phi(1,N) \quad (78)$$

como $C_1(N)$ é constante ao longo da linha α_N , teremos para todos os pontos desta linha:

$$\sigma_m(I,N) = C_1(N) + 2 K \phi(I,N) \quad (79)$$

$$\sigma_x(I,N) = \sigma_m(I,N) - K \sin 2\phi(I,N) \quad (80)$$

$$\sigma_y(I,N) = \sigma_m(I,N) + K \sin 2\phi(I,N) \quad (81)$$

$$\tau_{xy}(I,N) = K \cos 2\phi(I,N) \quad (82)$$

A força em cada trecho e nas direções X e Y será, respectivamente o produto da (80) pela (65) ou (67) e da (81) pela (66) ou (68).

A soma das forças elementares ao longo de uma

linha ou segundo a direção X ou Y será a resultante nesta mesma direção.

5.2- Hodógrafo

O hodógrafo pode ser determinado pela condição de perpendicularidade entre os elementos correspondentes, como já de mostrado. Este perpendicularismo poder ser conseguido pela imagem m inversa dos pontos com relação ao eixo Y figura (28).

Além da inversão da imagem em relação ao eixo Y, é necessário uma troca dos índices I e J que definem as linhas α e β e uma mudança do ponto origem (o ponto (1,1) passará a ser (L,K) para trefilação ou (N,N) para forjamento).

FIG.-28

5.3- Interpolação de pontos

Queremos agora determinar os ângulos das linhas de cisalhamento máximo em um ponto P que não pertença as linhas já determinadas. Para isso, vamos determinar o ponto O da figura (29), intersecção das retas que passam por D,A, e C,B, pontos das linhas de fluência já determinadas.

FIG.-29

Supondo que a reta AB seja a corda de um arco AB com centro em O e raio $r \approx r_A \approx r_B$, e que a reta DC seja também a corda de um arco DC com centro em O, podemos traçar a reta OP que irá interceptar as retas AB e CD nos pontos θ e ψ , respectivamente.

A relação entre AO e AB é proporcional a relação entre ρ e γ , sendo γ o ângulo incremento para o traçado das linhas de fluência, e ρ o ângulo incremento da linha de fluência que passa pelo ponto P. A relação entre θP e $\theta \psi$ é proporcional a relação entre ρ e γ , sendo ρ o ângulo incremento da linha de fluência que passa pelo ponto P.

Determinados estes ângulos, podemos, pelo teorema de

Hencky, traçar as linhas α e β que passam pelo ponto P de maneira idêntica a utilizada para a determinação dos pontos da malha.

Tendo as coordenadas dos pontos deformados no material, podemos, com a colocação destes pontos no gráfico oriundo da passagem do programa pelo computador, determinar as linhas I e J mais próximas do ponto. Entrando com as coordenadas dos pontos e as linhas I e J mais próximas, teremos os pontos A, B, C e D com coordenadas respectivamente iguais a $(X(I, J), Y(I, J))$, $(X(I+1, J), Y(I+1, J))$, $(X(I, J+1), Y(I, J+1))$ e $(X(I+1, J+1), Y(I+1, J+1))$

O ponto O terá coordenadas, com

$$\begin{aligned} A \quad X(I, J) \quad (83) \\ Y(I, J) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B \quad X(I+1, J) \quad (84) \\ Y(I+1, J) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C \quad X(I, J+1) \quad (85) \\ Y(I, J+1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D \quad X(I+1, J+1) \quad (86) \\ Y(I+1, J+1) \end{aligned}$$

$$Y_P = \frac{(X_B Y_C - X_C Y_B) (Y_A - Y_D) - (X_A Y_D - X_D Y_A) (Y_B - Y_C)}{(Y_B - Y_C) (X_D - X_A) - (X_C - X_B) (Y_A - Y_D)} \quad (87)$$

$$X_P = \frac{Y_P (X_D - X_A) + X_A Y_D - X_D Y_A}{Y_D - Y_A} \quad (88)$$

O ponto O terá coordenadas, com ponto lido X, Y

$$Y_\theta = \frac{(Y_D - Y_C) (X_P Y - X Y_P) - (Y_P - Y) (X_D Y_C - X_C Y_D)}{(X_C - X_D) (Y_P - Y) - (Y_D - Y_C) (X - X_P)} \quad (89)$$

$$X_\theta = \frac{Y_\theta (X - X_P) + X_P Y - X Y_P}{Y - Y_P} \quad (90)$$

e o ponto ψ

$$Y_\psi = \frac{(X_A Y_B - X_B Y_A) (Y_P - Y) - (X_P Y - X Y_P) (Y_A - Y_B)}{(X - X_P) (Y_A - Y_B) - (X_B - X_A) (Y_P - Y)} \quad (91)$$

$$X_{\Psi} = \frac{(X_A Y_B - X_B Y_A) - Y_{\Psi} (X_B - X_A)}{Y_B - Y_A} \quad (92)$$

Os pontos da linha β que passam pelo ponto (X, Y) , pelo teorema de Hencky, terão as coordenadas:

$$X(J) = (X_{\theta} - X_A) (X(I+1, J) - X(I, J)) / (X_B - X_A) + X(I, J) \quad (93)$$

$$Y(J) = (Y_{\theta} - Y_A) (Y(I+1, J) - Y(I, J)) / (Y_B - Y_A) + Y(I, J) \quad (94)$$

os pontos da linhas α que passam pelo ponto (X, Y) , pelo mesmo teorema, terão as coordenadas:

$$X(I) = (X - X_{\theta}) (X(I+1, J) - X(I, J)) / (X_{\Psi} - X_{\theta}) + X(I, J) \quad (95)$$

$$Y(I) = (Y - Y_{\theta}) (Y(I+1, J) - Y(I, J)) / (Y_{\Psi} - Y_{\theta}) + Y(I, J) \quad (96)$$

Com L e M , respectivamente I, J , o número das linhas α e β menores mais próximos do ponto lido, teremos para o hodógrafo, segundo a figura (30).

FIG.- 30

e os pontos θ' , Ψ' e P' ficarão com coordenadas:

$$\frac{Y_B - Y_A}{Y'_B - Y'_A} \cdot (Y_{\theta} - Y_B) + Y'_B = Y'_{\theta} \quad (97)$$

$$\frac{X_B - X_A}{X'_B - X'_A} \cdot (X_B - X_B) + (X'_B = X'_B) \quad (98)$$

$$\frac{Y_D - Y_C}{Y'_D - Y'_C} \cdot (Y_\psi - Y_C) + Y'_C = Y'_\psi \quad (99)$$

$$\frac{X_D - X_C}{X'_D - X'_C} \cdot (X_\psi - X_C) + X'_C = X'_\psi \quad (100)$$

$$\frac{X_\theta - X_\psi}{X'_\theta - X'_\psi} \cdot (X - X_\psi) + X_\psi = X'_p \quad (101)$$

$$\frac{Y_\theta - Y_\psi}{Y'_\theta - Y'_\psi} \cdot (Y - Y_\psi) + Y_\psi = Y'_p \quad (102)$$

6- Programa FORTRAN

Para se obter os resultados em maior velocidade e precisão, elaborou-se um programa FORTRAN, com as equações acima, cujo diagrama em blocos, programa e informações estão relacionados como se segue:

6.1- Diagrama em blocos

Os valores adiante não correspondem à força de forjamento no exemplo dado, mas sim às forças devidas à uma linha de fluência.

PAGE 1 SAMUEL

// JOB T

SAMUEL 1

LOG DRIVE	CART SPEC	CART AVAIL	PHY DRIVE
0000	0016	0016	0000

V2 M10 ACTUAL 32K CONFIG 32K

*EQUAT (PRNTZ, PRNZ)

// FOR

*IOCS (CARD, 1132PRINTER, TYPEWRITER, KEYBOARD, DISK, PLOTTER, 1403PRINTER)

*LIST SOURCE PROGRAM

```

    DIMENSION X(18,18),Y(18,18),AN(18,18),XGAMA(10),YGAMA(10),
    1XALFA(10),YALFA(10),XME(10),YME(10),RO1(10),RO2(10),
    2LOC(10),MOC(10),RO3(10),RO4(10)

```

300 READ(2,1)B,ANG,N,IAK,NAL,IAP

1 FORMAT(2F6.3,4I2)

PAUSE 500

NUM=N-IAK

IF(N)301,301,299

299 CONTINUE

WRITE(3,69)

C1 69 FORMAT(10X,'ESTUDO DAS TENSOES PELO METODO DAS LINHAS DE FLUENCIA',1,//)

IF(NAL-1)61,62,63

61 WRITE(3,64)B,N

C2 64 FORMAT(10X,'OPERACAO FORJAMENTO COM MATRIZ FECHADA',//,110X,'ALTURA DO FORJADO=',F6.3,' (CM)',//,

210X,I2,' LINHAS',///)

GO TO 298

62 WRITE(3,65)B,ANG

C3 65 FORMAT(10X,'OPERACAO TREFILACAO',//,10X,'LARGURA DA TREFILA',1F6.3,' (CM)',//,10X,'ANGULO DA TREFILA=',F6.3,' (GR)',///)

GO TO 298

63 WRITE(3,66)B

C4 66 FORMAT(10X,'OPERACAO FORJAMENTO COM MATRIZ ABERTA',//,10X,1'LARGURA DA FERRAMENTA=',F6.3,' (CM)',///)

298 CONTINUE

JZ=0

LCOMP=0

9 IF(IAP)6,7,6

6 READ(2,2)XMED,YMED,JL,JM,JZ

2 FORMAT(2F6.3,3I2)

7 CONTINUE

IF(LCOMP)251,252,251

251 GO TO 253

252 CONTINUE

XA=0.

YA=0.

XB=B

YB=0.

BANG=ANG/5.

GAM=5.

CAB=3.1416/180.

RAIO=B/(2.**.5)

DO 20 J=1,N

C=J

BE=(45.+(C-1.)*GAM)*CAB

X(1,J)=B-RAIO*COS(BE)

Y(1,J)=RAIO*SIN(BE)


```

20 Y(J,1)=Y(1,J)
DO 30 I=1,N
DO 30 J=1,N
C1=1
C2=J
BET1=45.+(C1-C2)*GAM
BET2=45.+(C2-C1)*GAM
BEL2=BET2
BEL1=BET2
BE1=BET1*CAB
BE2=BET2*CAB
L=I+1
M=J+1
ACH1=SIN(BE1)/COS(BE1)
ACH2=SIN(BE2)/COS(BE2)
X(L,M)=(Y(I,M)-Y(L,J)+X(L,J)*ACH1+X(I,M)*ACH2)/(ACH1+ACH2)
Y(L,M)=(X(L,M)-X(L,J))*ACH1+Y(L,J)
30 AN(I,J)=BET1
YA=Y(N,N)-YA
XA=XA-X(N,N)
XB=XB-X(N,N)
YB=Y(N,N)-YB
DO 37 I=1,N
DO 37 J=1,N
X(I,J)=X(I,J)-X(N,N)
Y(I,J)=Y(N,N)-Y(I,J)
37 CONTINUE
GA=ANG*CAB
CAS=COS(GA)
SUN=SIN(GA)
KA=N-IAK
DO 33 J=1,N
DO 33 I=1,KA
AN(I,J)=AN(I,J)-ANG
33 CONTINUE
IF(AN(KA,N))407,409,409
407 DO 430 J=1,N
DO 430 I=1,KA
AN(I,J)=-AN(I,J)
430 CONTINUE
409 CONTINUE
YA=YA-Y(KA,N)
YB=YB-Y(KA,N)
XA=XA-X(KA,N)
XB=XB-X(KA,N)
DO 34 J=1,N
DO 34 I=1,KA
X(I,J)=X(I,J)-X(KA,N)
34 Y(I,J)=Y(I,J)-Y(KA,N)
AX=XB
AY=YB
XB=AY*SUN+AX*CAS
YB=AY*CAS-AX*SUN
AX=XA
AY=YA
XA=AY*SUN+AX*CAS
YA=AY*CAS-AX*SUN
WRITE(3,412)XA,YA,XB,YB
412 FORMAT(10X,'PONTO A (',F7.3,',',F7.3,')',10X,'PONTO B( ',F7.3,
',',F7.3,')',//)

```

```

39 FORMAT(10X,'PONTO',4X,'X(CM)',3X,' Y(CM)'3X,'ANG(GR)',2X,
1'SEN2FI COS2FI 2FI(RAD)',//)
DO 35 I=1,KA
DO 35 J=1,N
AX=X(I,J)
AY=Y(I,J)
X(I,J)=AY*SUN+AX*CAS
Y(I,J)=AY*CAS-AX*SUN
ALFI=AN(I,J)*CAD
SAC=SIN(2.*ALFI)
CAC=COS(2.*ALFI)
ALFO=2.*ALFI
WRITE(3,36)I,J,X(I,J),Y(I,J),AN(I,J),SAC,CAC,ALFO
36 FORMAT(10X,I2,' ',I2,3X,F7.3,F7.3,2X,F7.3,F8.4,F8.4,F11.4,/)
35 CONTINUE
IF(ANG-90.)440,431,431
431 ANGU=-1.57
RAT=-20.
CAD=0.
RAD=.5
BAD=1.5
AUD=0.
GO TO 437
440 CONTINUE
RAD=0.
CAD=.5
BAD=0.
AUD=1.5
RAT=0.
ANGU=0.
437 CONTINUE
CALL SCALF(0.4,0.4,-60.,RAT)
Z=X(1,1)
W=Y(1,1)
CALL FPLOT(-2,Z,W)
CALL FPLOT(0,XA,YA)
CALL FPLOT(0,XB,YB)
CALL FPLOT(-2,Z,W)
DO 800 J=1,N
DO 801 I=1,KA
Z=X(I,J)
W=Y(I,J)
801 CALL FPLOT(-2,Z,W)
Z=X(KA,J)-AUD
W=Y(KA,J)+BAD
CALL FCHAR(Z,W,.10,.10,ANGU)
800 WRITE(7,802)J
802 FORMAT('J=',I2)
Z=X(1,1)
W=Y(1,1)
CALL FPLOT(-2,Z,W)
CALL POINT(1)
DO 803 I=1,KA
DO 804 J=1,N
Z=X(I,J)
W=Y(I,J)
804 CALL FPLOT (-2,Z,W)
Z=X(I,N)+CAD
W=Y(I,N)-RAD
CALL FCHAR(Z,W,.10,.10,ANGU)

```

```

805 FORMAT('I=',I2)
   XI=X(KA,N)
   YI=Y(KA,N)
   CALL FPLLOT(2,XI,YI)
   CALL FPLLOT(-3,XI,YI)
   ZO=XB+.5
   CALL FPLLOT(2,ZO,YI)
   ZO=ZO+.2
   CALL FPLLOT(-3,ZO,YI)
   CALL FPLLOT(2,ZO,YI)
   CALL POINT(2)
   ZO=ZO+.5
   WO=YI-.05
   CALL FCHAR(ZO,WO,.10,.10,0.)
   WRITE(7,811)
811 FORMAT('X')
   CALL FPLLOT(-2,XI,YI)
   CE=YA
   IF(YA)461,462,462
461 CE=-YA
462 CONTINUE
   WO=CE+.5
   CALL FPLLOT(0,XI,WO)
   WO=WO+.1
   CALL FPLLOT(2,XI,WO)
   CALL FPLLOT(-2,XI,WO)
   CALL POINT(5)
   WO=WO+.5
   ZO=XI-.05
   CALL FCHAR(ZO,WO,.10,.10,0.)
   WRITE(7,809)
809 FORMAT('Y')
   Z=XA+BAD
   W=YA+AUD
   CALL FCHAR(Z,W,.15,.20,ANGU)
   WRITE(7,1000)
1000 FORMAT('LINHAS DE FLUENCIA')
   CALL FPLLOT(0,XI,YI)
253 CONTINUE
   IF(JZ)3,4,3
3 XAO=X(JL,JM)
  YAO=Y(JL,JM)
  JM1=JM+1
  XBO=X(JL,JM1)
  YBO=Y(JL,JM1)
  JL1=JL+1
  XCO=X(JL1,JM1)
  YCO=Y(JL1,JM1)
  XDO=X(JL1,JM)
  YDO=Y(JL1,JM)
  CONS1=(XBO*YCO-XCO*YBO)*(YAO-YDO)-(XAO*YDO-XDO*YAO)*(YBO-YCO)
  CONS2=(YBO-YCO)*(XDO-XAO)-(XCO-XBO)*(YAO-YDO)
  YPO=CONS1/CONS2
  XPO=(YPO*(XDO-XAO)+XAO*YDO-XDO*YAO)/(YDO-YAO)
  CONS1=(XPO*YMED-XMED*YPO)*(YDO-YCO)-(YPO-YMED)*(XDO*YCO-XCO*YDO)
  CONS2=(XCO-XDO)*(YPO-YMED)-(YDO-YCO)*(XMED-XPO)
  YALFA(JZ)=CONS1/CONS2
  XALFA(JZ)=(YALFA(JZ)*(XMED-XPO)+XPO*YMED-XMED*YPO)/(YMED-YPO)
  CONS1=(XAO*YBO-XBO*YAO)*(YPO-YMED)-(XPO*YMED-XMED*YPO)*(YAO-YBO)
  CONS2=(XMED-XPO)*(YAO-YBO)-(XBO-XAO)*(YPO-YMED)
  YCANAL(JZ)=CONS1/CONS2

```



```

XGAMA(JZ)=(YGAMA(JZ)*(XBO-XAO)+XAO*YBO-XBO*YAO)/(YBO-YAO)
ROC1=(XDO-XCO)/(XALFA(JZ)-XDO)
ROC2=(YDO-YCO)/(YALFA(JZ)-YDO)
JA=JM+1
XPTO=((X(1,JM)-X(1,JA))/ROC1)+X(1,JM)
YPTO=((Y(1,JM)-Y(1,JA))/ROC2)+Y(1,JM)
WRITE(3,23)JZ,XMED,YMED,JM,JA
23 FORMAT(10X,'PONTO',I2,' X=',F6.3,'(CM) Y=',F6.3,'(CM)',/,
110X,'ENTRE AS LINHAS J=',I2,' E J=',I2,/,
211X,'I',5X,'X(CM) Y(CM)',/)
DO 21 I=1,KA
XPTO=((X(I,JM)-X(I,JA))/ROC1)+X(I,JM)
YPTO=((Y(I,JM)-Y(I,JA))/ROC2)+Y(I,JM)
ANGUL=AN(I,JM)+ROC1*GAM
WRITE(3,22)I,XPTO,YPTO
22 FORMAT(10X,I2,4X,F6.3,2X,F6.3,/)
21 CONTINUE
IA=JL+1
WRITE(3,24)JL,IA
24 FORMAT(10X,'ENTRE AS LINHAS I=',I2,' E I=',I2,/,
111X,'J',5X,'X(CM) Y(CM)',/)
ROC1=(XGAMA(JZ)-XALFA(JZ))/(XMED-XGAMA(JZ))
ROC2=(YGAMA(JZ)-YALFA(JZ))/(YMED-YGAMA(JZ))
XPTO=((X(JL,1)-X(IA,1))/ROC1)+X(JL,1)
YPTO=((Y(JL,1)-Y(IA,1))/ROC2)+Y(JL,1)
DO 25 J=1,N
YPTO=((Y(JL,J)-Y(IA,J))/ROC2)+Y(JL,J)
XPTO=((X(JL,J)-X(IA,J))/ROC1)+X(JL,J)
ANGUL=AN(JL,J)+ROC1*GAM
WRITE(3,26)J,XPTO,YPTO
26 FORMAT(10X,I2,4X,F6.3,2X,F6.3,/)
25 CONTINUE
XPTO=XMED
YPTO=YMED
CALL FPL0T(-2,XPTO,YPTO)
CALL POINT(1)
XME(JZ)=XMED
XMED=XMED+.1
CALL FCHAR(XMED,YMED,.10,.10,0.)
WRITE(7,27)JZ
27 FORMAT(I2)
RO1(JZ)=(XBO-XAO)/(XGAMA(JZ)-XAO)
RO2(JZ)=(YBO-YAO)/(YGAMA(JZ)-YAO)
RO3(JZ)=(XCO-XDO)/(XALFA(JZ)-XDO)
RO4(JZ)=(YCO-YDO)/(YALFA(JZ)-YDO)
YME(JZ)=YMED
LOC(JZ)=JL
MOC(JZ)=JM
LCOMP=1
LOGO=JZ
GO TO 9
4 CONTINUE
XC=XI+20.
CALL SCALF(0.4,0.4,XC,0.)
SM=SIN(AN(1,1)*CAB)
C2=SM-2.*AN(1,1)*CAB
YIB=YB
YIA=YA
XIA=XA
XIB=XB

```

```

DO 607 J=1,N
FX=0.
FY=0.
C1=C2+4.*AN(1,J)*CAB
B2=C1
KB=N-1
DO 607 I=1,KB
ALFA=2.*AN(I,J)*CAB
SM=C1-2.*ALFA
SX=SIN(ALFA)-SM
SY=-SIN(ALFA)-SM
TXY=COS(ALFA)
IF(I-1)608,603,609
608 A1=(Y(I,J)**2.-YIB**2.)*3.1416
IF(A1) 509,509,510
509 A1=-A1
510 A2=(X(I,J)-XIB)*6.2832
IF(A2) 511,511,512
511 A2=-A2
512 FX=SX*A1
FY=SY*A2
100 WRITE(3,32)J,B1
32 FORMAT(10X,'PARA A LINHA J=',I2,' COM C1=',F7.3,/,12X,'PONTOS(TRA-
1CHOS) AREA SIGMA FORCA SOMA TAU C',/)
WRITE(3,400)A1,SX,FX,FX,I,J,TXY,B2,A2,SY,FY,FY
400 FORMAT(10X,'X',17X,F9.3,F9.3,F9.3,F9.3,/,14X,'B',3X'A',I3,',',I2,
17X,F9.3,F9.3,/,10X,'Y',17X,F9.3,F9.3,F9.3,F9.3,/)
609 A1=(Y(I,J)**2.-Y(I+1,J)**2.)*3.1416
IF(A1) 513,513,514
513 A1=-A1
514 A2=(X(I,J)-X(I+1,J))*6.2832
IF(A2) 515,515,516
515 A2=-A2
516 F1=SX*A1
F2=SY*A2
FX=F1+FX
FY=F2+FY
JUM=I+1
50 WRITE(3,51)A1,SX,F1,FX,I,J,JUM,J,TXY,B2,A2,SY,F2,FY
51 FORMAT(10X,'X',17X,F9.3,F9.3,F9.3,F9.3,/,12X,I2,',',I2,' A ',I2,
1',I2,37X,F9.3,F9.3,/,10X,'Y',17X,F9.3,F9.3,F9.3,F9.3,/)
607 CONTINUE
WRITE(3,713)
713 FORMAT(10X,'HODOGRAFO',/,
110X,'PONTO',3X,'X(CM)',4X,'Y(CM)',4X,'MOD V',/)
XIA=-XA
XIB=-XB
IF(ANG-90.)731,732,732
731 CONTINUE
AY=YA
AX=XA
XA=AX*CAS-AY*SUN
YA=AX*SUN+AY*CAS
AY=YB
AX=XB
YB=AX*SUN+AY*CAS
XB=AX*CAS-AY*SUN
YIA=YA
XIA=-XA
YIB=YB

```



```

IF(IAK)977,978,977
977 CONTINUE
XO=-(XA+XB)/2.
GO TO 979
978 XO=-XA-7.
979 CONTINUE
YO=(YA+YB)/2.
WRITE(3,733)XIA,YIA,XIB,YIB
733 FORMAT(10X,' A ',2X,F7.3,2X,F7.3,/,
110X,' B ',2X,F7.3,2X,F7.3,/)
DO 734 I=1,KA
DO 734 J=1,N
AY=Y(I,J)
AX=X(I,J)
Y(I,J)=AX*SUN+AY*CAS
X(I,J)=AX*CAS-AY*SUN
LUM=N+1-J
NUM=KA+1-I
X(I,J)=-X(I,J)
DISTA=((XO-X(I,J))**2.+(YO-Y(I,J))**2.）**.5
WRITE(3,735)NUM,LUM,X(I,J),Y(I,J),DISTA
735 FORMAT(10X,I2,' ',I2,2X,F7.3,2X,F7.3,2X,F7.3,/)
734 CONTINUE
GO TO 910
732 CONTINUE
WRITE(3,714)XIA,YIA,XIB,YIB
714 FORMAT(10X,' A ',2X,F7.3,2X,F7.3,/,
110X,' B ',2X,F7.3,2X,F7.3,/)
XO=-(XA+XB)/2.
YO=(YA+YB)/2.
DO 715 I=1,KA
DO 715 J=1,N
X(I,J)=-X(I,J)
DISTA=((XO-X(I,J))**2.+(YO-Y(I,J))**2.）**.5
NUM=KA+1-I
LUM=N+1-J
WRITE(3,716)NUM,LUM,X(I,J),Y(I,J),DISTA
716 FORMAT(10X,I2,' ',I2,2X,F7.3,2X,F7.3,2X,F7.3,/)
715 CONTINUE
910 CONTINUE
XA=-XA
XB=-XB
Z=X(1,1)
W=Y(1,1)
CALL FPL0T (-2,Z,W)
CALL FPL0T (0,XB,YB)
CALL FPL0T (0,XA,YA)
CALL FPL0T (0,Z,W)
DO 900 J=1,N
DO 901 I=1,KA
Z=X(I,J)
W=Y(I,J)
901 CALL FPL0T (-2,Z,W)
Z=X(KA,J)+CAD
W=Y(KA,J)+BAD
LUM=N+1-J
CALL FCHAR(Z,W,.10,.10,ANGU)
900 WRITE(7,902)LUM
902 FORMAT('J=',I2)
Z=X(1,1)
W=Y(1,1)

```



```
CALL FPLLOT (-2,Z,W)
DO 903 I=1,KA
DO 904 J=1,N
Z=X(I,J)
W=Y(I,J)
904 CALL FPLLOT(-2,Z,W)
Z=X(I,N)-AUD
W=Y(I,N)-RAD
NUM=KA+1-I
CALL FCHAR(Z,W,.10,.10,ANGU)
903 WRITE(7,905)NUM
905 FORMAT('I=',I2)
IF(ANG-90.)871,872,872
871 XI=X(KA,N)
YI=Y(KA,N)
ZI=XA
WI=YA
GO TO 873
872 XI=(XA+XB)/2.
YI=(YA+YB)/2.
ZI=X(KA,N)
WI=Y(KA,N)
873 CONTINUE
CALL FPLLOT(2,XI,YI)
ZO=ZI+.2
CALL FPLLOT(-2,ZO,YI)
ZO=ZO+.1
CALL POINT(2)
CALL FPLLOT(2,ZO,YI)
ZO=ZO+.1
WO=YI-.05
CALL FCHAR(ZO,WO,.10,.10,0.)
WRITE(7,911)
911 FORMAT('X')
CALL FPLLOT(-2,XI,YI)
WO=WI+2.
CALL FPLLOT(0,XI,WO)
CALL FPLLOT(2,XI,WO)
WO=WO+.1
CALL FPLLOT(-2,XI,YI)
CALL POINT(5)
WO=WO+.1
ZO=XI-.05
CALL FCHAR(ZO,WO,.10,.10,0.)
WRITE(7,909)
909 FORMAT('Y')
Z=XA+BAD
W=YA+AUD
CALL FCHAR(Z,W,.15,.20,-ANGU)
WRITE(7,1001)
1001 FORMAT('HODOGRAFO')
DO 46 JZ=1,LOGO
LUMO=KA+1-LOC(JZ)
NUMO=N+1-MOC(JZ)
NAMO=NUMO-1
LAMO=LUMO-1
XGAM=((X(LAMO,NUMO)-X(LUMO,NUMO))/RO1(JZ))+X(LAMO,NUMO)
YGAM=((Y(LAMO,NUMO)-Y(LUMO,NUMO))/RO2(JZ))+Y(LAMO,NUMO)
XALF=((X(LAMO,NAMO)-X(LUMO,NAMO))/RO3(JZ))+X(LUMO,NAMO)
YALF=((Y(LAMO,NAMO)-Y(LUMO,NAMO))/RO4(JZ))+Y(LUMO,NAMO)
```

```

YPT=((Y GAM-YALF)/((Y GAMA(JZ)-YALFA(JZ))/(YME(JZ)-XALFA(JZ))))+YALF
CALL FPLOT(-2,XPT,YPT)
CALL POINT (0)
XT=XPT+.1
CALL FCHAR(XT,YPT,.10,.10,0.)
WRITE(7,44)JZ
44 FORMAT(I2)
46 CONTINUE
GO TO 300
301 CONTINUE
CALL EXIT
END

```

UNREFERENCED STATEMENTS

100 50

FEATURES SUPPORTED

IOCS

CORE REQUIREMENTS FOR

COMMON 0 VARIABLES 2440 PROGRAM 4666

END OF COMPILATION

// XEQ

ESTUDO DAS TENSOES PELO METODO DAS LINHAS DE FLUENCIA

OPERACAO FORJAMENTO COM MATRIZ ABERTA

LARGURA DA FERRAMENTA= 7.000 (CM)

6.2.1- Pontos da malha de linhas de fluência

PONTO A (-3.525, 21.913) PONTO B(3.474, 21.913)

PONTO	X(CM)	Y(CM)	ANG(GR)	SEN2FI	COS2FI	2FI(RAD)
1, 1	-0.025	18.413	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
1, 2	0.292	18.121	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
1, 3	0.635	17.858	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
1, 4	0.999	17.626	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
1, 5	1.382	17.427	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
1, 6	1.781	17.262	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
1, 7	2.193	17.132	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
1, 8	2.614	17.038	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
1, 9	3.042	16.982	5.000	0.1736	0.9848	0.1745
1,10	3.474	16.963	0.000	0.0000	1.0000	0.0000

1,11	3.905	16.982	-5.000	-0.1736	0.9848	-0.1745
1,12	4.333	17.039	-10.000	-0.3420	0.9396	-0.3490
1,13	4.755	17.132	-15.000	-0.5000	0.8660	-0.5235
1,14	5.167	17.262	-20.000	-0.6427	0.7660	-0.6981
1,15	5.566	17.427	-25.000	-0.7660	0.6427	-0.8726
2, 1	-0.344	18.121	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
2, 2	-0.025	17.803	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
2, 3	0.334	17.500	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
2, 4	0.721	17.230	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
2, 5	1.131	16.993	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
2, 6	1.562	16.792	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
2, 7	2.010	16.629	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
2, 8	2.471	16.505	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
2, 9	2.944	16.422	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
2,10	3.423	16.380	5.000	0.1736	0.9848	0.1745
2,11	3.905	16.380	0.000	0.0000	1.0000	0.0000
2,12	4.387	16.422	-5.000	-0.1736	0.9848	-0.1745
2,13	4.865	16.507	-10.000	-0.3420	0.9396	-0.3490
2,14	5.335	16.633	-15.000	-0.5000	0.8660	-0.5235
2,15	5.794	16.800	-20.000	-0.6427	0.7660	-0.6981
3, 1	-0.686	17.858	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
3, 2	-0.386	17.500	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
3, 3	-0.025	17.140	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
3, 4	0.368	16.809	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
3, 5	0.794	16.511	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
3, 6	1.248	16.249	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
3, 7	1.728	16.025	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
3, 8	2.230	15.842	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
3, 9	2.751	15.703	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
3,10	3.287	15.608	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
3,11	3.834	15.560	5.000	0.1736	0.9848	0.1745

3,13	4.944	15.609	-5.000	-0.1736	0.9848	-0.1745
3,14	5.499	15.707	-10.000	-0.3420	0.9396	-0.3490
3,15	6.047	15.854	-15.000	-0.5000	0.8660	-0.5235
4, 1	-1.050	17.626	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
4, 2	-0.772	17.230	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
4, 3	-0.420	16.809	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
4, 4	-0.025	16.415	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
4, 5	0.408	16.051	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
4, 6	0.879	15.721	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
4, 7	1.384	15.429	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
4, 8	1.921	15.179	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
4, 9	2.485	14.973	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
4,10	3.074	14.815	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
4,11	3.683	14.708	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
4,12	4.308	14.653	5.000	0.1736	0.9848	0.1745
4,13	4.944	14.653	0.000	0.0000	1.0000	0.0000
4,14	5.586	14.710	-5.000	-0.1736	0.9848	-0.1745
4,15	6.229	14.823	-10.000	-0.3420	0.9396	-0.3490
5, 1	-1.433	17.427	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
5, 2	-1.183	16.993	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
5, 3	-0.845	16.511	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
5, 4	-0.459	16.051	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
5, 5	-0.025	15.617	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
5, 6	0.454	15.214	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
5, 7	0.977	14.848	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
5, 8	1.541	14.522	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
5, 9	2.144	14.241	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
5,10	2.781	14.009	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
5,11	3.448	13.830	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
5,12	4.141	13.708	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
5,13	4.856	13.646	5.000	0.1736	0.9848	0.1745

5,14	5.586	13.646	0.000	0.0000	1.0000	0.0000
5,15	6.327	13.710	-5.000	-0.1736	0.9848	-0.1745
6, 1	-1.832	17.262	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
6, 2	-1.613	16.792	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
6, 3	-1.299	16.249	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
6, 4	-0.930	15.721	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
6, 5	-0.505	15.214	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
6, 6	-0.025	14.735	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
6, 7	0.507	14.287	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
6, 8	1.091	13.878	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
6, 9	1.724	13.513	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
6,10	2.402	13.197	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
6,11	3.122	12.935	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
6,12	3.880	12.732	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
6,13	4.670	12.592	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
6,14	5.487	12.521	5.000	0.1736	0.9848	0.1745
6,15	6.327	12.521	0.000	0.0000	1.0000	0.0000
7, 1	-2.244	17.132	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
7, 2	-2.061	16.629	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
7, 3	-1.779	16.025	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
7, 4	-1.435	15.429	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
7, 5	-1.028	14.848	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
7, 6	-0.558	14.287	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
7, 7	-0.025	13.754	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
7, 8	0.568	13.256	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
7, 9	1.223	12.797	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
7,10	1.934	12.387	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
7,11	2.700	12.030	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
7,12	3.516	11.733	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
7,13	4.378	11.502	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
7,14	5.280	11.343	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
7,15	6.216	11.261	5.000	0.1736	0.9848	0.1745

8, 1	-2.666	17.038	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
8, 2	-2.523	16.505	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
8, 3	-2.281	15.842	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
8, 4	-1.972	15.179	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
8, 5	-1.593	14.522	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
8, 6	-1.142	13.878	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
8, 7	-0.620	13.256	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
8, 8	-0.025	12.661	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
8, 9	0.640	12.102	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
8, 10	1.375	11.588	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
8, 11	2.177	11.124	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
8, 12	3.044	10.720	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
8, 13	3.970	10.383	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
8, 14	4.952	10.120	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
8, 15	5.983	9.938	10.000	0.3420	0.9396	0.3490
9, 1	-3.094	16.982	85.000	0.1736	-0.9848	2.9670
9, 2	-2.995	16.422	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
9, 3	-2.802	15.703	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
9, 4	-2.537	14.973	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
9, 5	-2.195	14.241	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
9, 6	-1.775	13.513	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
9, 7	-1.274	12.797	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
9, 8	-0.691	12.103	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
9, 9	-0.025	11.437	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
9, 10	0.722	10.809	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
9, 11	1.550	10.229	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
9, 12	2.458	9.705	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
9, 13	3.441	9.247	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
9, 14	4.495	8.863	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
9, 15	5.615	8.563	15.000	0.5000	0.8660	0.5235
10, 1	-3.525	16.963	90.000	-0.0000	-1.0000	3.1415

10, 2	-3.474	16.380	85.000	0.1736	-0.9848	2.9670
10, 3	-3.338	15.608	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
10, 4	-3.126	14.815	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
10, 5	-2.832	14.009	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
10, 6	-2.453	13.197	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
10, 7	-1.986	12.387	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
10, 8	-1.426	11.588	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
10, 9	-0.773	10.809	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
10, 10	-0.025	10.061	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
10, 11	0.817	9.354	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
10, 12	1.753	8.699	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
10, 13	2.781	8.105	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
10, 14	3.898	7.584	25.000	0.7660	0.6427	0.8726
10, 15	5.099	7.147	20.000	0.6427	0.7660	0.6981
11, 1	-3.957	16.982	95.000	-0.1736	-0.9848	3.3161
11, 2	-3.957	16.394	90.000	-0.0000	-1.0000	3.1415
11, 3	-3.884	15.560	85.000	0.1736	-0.9848	2.9670
11, 4	-3.733	14.708	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
11, 5	-3.498	13.831	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
11, 6	-3.172	12.935	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
11, 7	-2.750	12.030	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
11, 8	-2.228	11.125	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
11, 9	-1.601	10.230	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
11, 10	-0.867	9.355	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
11, 11	-0.024	8.512	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
11, 12	0.927	7.714	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
11, 13	1.987	6.971	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
11, 14	3.155	6.297	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
11, 15	4.426	5.704	25.000	0.7660	0.6427	0.8726

12, 1	-4.385	17.039	100.000	-0.3420	-0.9396	3.4906
12, 2	-4.437	16.436	95.000	-0.1736	-0.9848	3.3161
12, 3	-4.437	15.624	90.000	-0.0000	-1.0000	3.1415
12, 4	-4.353	14.654	85.000	0.1736	-0.9848	2.9670
12, 5	-4.186	13.709	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
12, 6	-3.925	12.734	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
12, 7	-3.561	11.735	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
12, 8	-3.089	10.723	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
12, 9	-2.503	9.709	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
12, 10	-1.799	8.702	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
12, 11	-0.972	7.717	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
12, 12	-0.021	6.765	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
12, 13	1.056	5.861	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
12, 14	2.260	5.018	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
12, 15	3.588	4.252	30.000	0.8660	0.4999	1.0471
13, 1	-4.806	17.132	105.000	-0.5000	-0.8660	3.6651
13, 2	-4.914	16.520	100.000	-0.3420	-0.9396	3.4906
13, 3	-4.988	15.672	95.000	-0.1736	-0.9848	3.3161
13, 4	-4.988	14.698	90.000	-0.0000	-1.0000	3.1415
13, 5	-4.896	13.647	85.000	0.1736	-0.9848	2.9670
13, 6	-4.711	12.595	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
13, 7	-4.419	11.505	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
13, 8	-4.012	10.387	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
13, 9	-3.483	9.252	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
13, 10	-2.824	8.111	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
13, 11	-2.030	6.977	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
13, 12	-1.096	5.863	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
13, 13	-0.018	4.786	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
13, 14	1.204	3.760	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
13, 15	2.573	2.801	35.000	0.9396	0.3420	1.2217
14, 1	-5.218	17.262	110.000	-0.6427	-0.7660	3.8397
14, 2	-5.383	16.646	105.000	-0.5000	-0.8660	3.6651

14, 3	-5.538	15.769	100.000	-0.3420	-0.9396	3.4906
14, 4	-5.627	14.754	95.000	-0.1736	-0.9848	3.3161
14, 5	-5.627	13.780	90.000	-0.0000	-1.0000	3.1415
14, 6	-5.517	12.524	85.000	0.1736	-0.9848	2.9670
14, 7	-5.309	11.348	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
14, 8	-4.982	10.127	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
14, 9	-4.525	8.872	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
14, 10	-3.930	7.595	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
14, 11	-3.187	6.308	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
14, 12	-2.290	5.027	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
14, 13	-1.232	3.767	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
14, 14	-0.010	2.545	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707
14, 15	1.379	1.379	40.000	0.9848	0.1736	1.3962
15, 1	-5.617	17.427	115.000	-0.7660	-0.6427	4.0142
15, 2	-5.841	16.812	110.000	-0.6427	-0.7660	3.8397
15, 3	-6.081	15.915	105.000	-0.5000	-0.8660	3.6651
15, 4	-6.266	14.867	100.000	-0.3420	-0.9396	3.4906
15, 5	-6.356	13.844	95.000	-0.1736	-0.9848	3.3161
15, 6	-6.356	12.708	90.000	-0.0000	-1.0000	3.1415
15, 7	-6.230	11.268	85.000	0.1736	-0.9848	2.9670
15, 8	-5.997	9.948	80.000	0.3420	-0.9396	2.7925
15, 9	-5.629	8.577	75.000	0.4999	-0.8660	2.6179
15, 10	-5.115	7.164	70.000	0.6427	-0.7660	2.4434
15, 11	-4.443	5.723	65.000	0.7660	-0.6427	2.2689
15, 12	-3.604	4.269	60.000	0.8660	-0.5000	2.0943
15, 13	-2.588	2.818	55.000	0.9396	-0.3420	1.9198
15, 14	-1.388	1.388	50.000	0.9848	-0.1736	1.7453
15, 15	0.000	0.000	45.000	1.0000	-0.0000	1.5707

6.2.2- Pontos interpolados
 PONTO 1 X= 3.500(CM) Y= 5.200 (CM)
 ENTRE AS LINHAS J=14 E J=15
 I X(CM) Y(CM)

2	5.622	16.737
3	5.841	15.799
4	5.988	14.780
5	6.048	13.686
6	6.011	12.521
7	5.865	11.291
8	5.596	10.006
9	5.194	8.676
10	4.648	7.311
11	3.949	5.927
12	3.089	4.540
13	2.058	3.161
14	0.857	1.817
15	-0.521	0.521

ENTRE AS LINHAS I=11 E I=12

J	X(CM)	Y(CM)
1	-4.181	17.012
2	-4.208	16.416
3	-4.174	15.594
4	-4.058	14.680
5	-3.859	13.767
6	-3.566	12.829
7	-3.175	11.875
8	-2.679	10.914
9	-2.074	9.957
10	-1.355	9.013
11	-0.521	8.096
12	0.430	7.217
13	1.500	6.390
14	2.686	5.627
15	3.987	4.943

PONTO 2 X= 3.500(CM) Y= 7.400 (CM)

ENTRE AS LINHAS J=13 E J=14

I X(CM) Y(CM)

1	5.083	17.236
2	5.240	16.607
3	5.386	15.687
4	5.456	14.698
5	5.438	13.646
6	5.322	12.535
7	5.097	11.375
8	4.753	10.173
9	4.281	8.941
10	3.672	7.689
11	2.919	6.433
12	2.016	5.189
13	0.956	3.968
14	-0.258	2.792
15	-1.631	1.678

ENTRE AS LINHAS I=10 E I=11

J X(CM) Y(CM)

1	-3.625	16.968
2	-3.585	16.383
3	-3.464	15.597
4	-3.266	14.791
5	-2.986	13.968
6	-2.619	13.136
7	-2.162	12.304
8	-1.611	11.481
9	-0.964	10.676
10	-0.219	9.899
11	0.623	9.160

12	1.563	8.472
13	2.598	7.844
14	3.727	7.287
15	4.944	6.814

PONTO 3 X= 1.500(CM) Y= 8.000 (CM)

ENTRE AS LINHAS J=12 E J=13

I X(CM) Y(CM)

1	4.420	17.058
2	4.486	16.440
3	4.502	15.570
4	4.439	14.653
5	4.288	13.695
6	4.042	12.703
7	3.693	11.685
8	3.234	10.651
9	2.660	9.611
10	1.964	8.576
11	1.145	7.561
12	0.200	6.580
13	-0.874	5.642
14	-2.072	4.768
15	-3.395	3.970

ENTRE AS LINHAS I=10 E I=11

J X(CM) Y(CM)

1	-3.770	16.974
2	-3.748	16.388
3	-3.648	15.581
4	-3.471	14.755
5	-3.210	13.908
6	-2.862	13.048
7	-2.420	12.184
8	-1.881	11.325

9	-1.243	10.480
10	-0.503	9.660
11	0.338	8.876
12	1.284	8.139
13	2.330	7.461
14	3.476	6.853
15	4.717	6.328

6.2.3- Tensões, áreas e forças nos trechos
PARA A LINHA J= 1 COM C1= -0.863

PONTOS(TRECHOS)			AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X	B A 1, 1		443.420	1.863	826.399	826.399	-0.000	2.277
Y			21.991	-0.136	-2.997	-2.997		
X	1, 1 A 2, 1		33.483	1.863	62.403	888.803	-0.000	2.277
Y			2.000	-0.136	-0.272	-3.270		
X	2, 1 A 3, 1		29.713	2.197	65.297	954.101	-0.173	2.277
Y			2.152	0.227	0.490	-2.779		
X	3, 1 A 4, 1		25.865	2.501	64.702	1018.803	-0.342	2.277
Y			2.288	0.622	1.423	-1.355		
X	4, 1 A 5, 1		21.957	2.776	60.974	1079.778	-0.500	2.277
Y			2.406	1.044	2.514	1.158		
X	5, 1 A 6, 1		18.008	3.025	54.494	1134.272	-0.642	2.277
Y			2.506	1.493	3.744	4.903		
X	6, 1 A 7, 1		14.030	3.251	45.624	1179.897	-0.766	2.277
Y			2.587	1.966	5.087	9.991		
X	7, 1 A 8, 1		10.033	3.458	34.695	1214.592	-0.866	2.277
Y			2.648	2.458	6.511	16.502		
X	8, 1 A 9, 1		6.023	3.649	21.980	1236.573	-0.939	2.277
Y			2.689	2.865	7.976	24.479		

X		2.008	3.829	7.693	1244.266		
Y	9, 1 A 10, 1	2.710	3.482	9.439	33.918	-0.984	2.277
X		2.009	4.005	8.046	1252.312		
Y	10, 1 A 11, 1	2.710	4.005	10.856	44.774	-1.000	2.277
X		6.024	4.180	25.186	1277.499		
Y	11, 1 A 12, 1	2.689	4.528	12.180	56.954	-0.984	2.277
X		10.033	4.361	43.758	1321.258		
Y	12, 1 A 13, 1	2.648	5.045	13.364	70.319	-0.939	2.277
X		14.031	4.552	63.876	1385.134		
Y	13, 1 A 14, 1	2.587	5.552	14.367	84.686	-0.866	2.277
X		18.008	4.758	85.698	1470.833		
Y	14, 1 A 15, 1	2.506	6.044	15.150	99.837	-0.766	2.277

PARA A LINHA J= 2 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORCA	SOMA	TAU	C
X		476.904	1.848	881.558	881.558		
Y	B A 1, 2	19.990	-0.121	-2.421	-2.421	0.173	1.928
X		35.932	1.848	66.420	947.979		
Y	1, 2 A 2, 2	2.000	-0.121	-0.242	-2.663	0.173	1.928
X		33.553	2.212	74.244	1022.224		
Y	2, 2 A 3, 2	2.265	0.212	0.481	-2.181	-0.000	1.928
X		29.547	2.546	75.247	1097.471		
Y	3, 2 A 4, 2	2.430	0.577	1.402	-0.779	-0.173	1.928
X		25.460	2.850	72.577	1170.048		
Y	4, 2 A 5, 2	2.577	0.971	2.502	1.723	-0.342	1.928

					-57	
Y	5, 2 A 6, 2	2.705	1.393	3.771	5.494	-0.500 1.928
X		17.114	3.375	57.762	1294.431	
Y	6, 2 A 7, 2	2.813	1.842	5.185	10.680	-0.642 1.928
X		12.879	3.600	46.377	1340.808	
Y	7, 2 A 8, 2	2.901	2.315	6.717	17.398	-0.766 1.928
X		8.613	3.807	32.792	1373.600	
Y	8, 2 A 9, 2	2.967	2.807	8.329	25.727	-0.866 1.928
X		4.319	3.998	17.271	1390.872	
Y	9, 2 A 10, 2	3.010	3.314	9.977	35.704	-0.939 1.928
X		1.399	4.178	5.848	1396.720	
Y	10, 2 A 11, 2	3.031	3.831	11.614	47.319	-0.984 1.928
X		4.339	4.354	18.895	1415.616	
Y	11, 2 A 12, 2	3.021	4.354	13.155	60.474	-1.000 1.928
X		8.704	4.529	39.427	1455.043	
Y	12, 2 A 13, 2	2.995	4.877	14.610	75.084	-0.984 1.928
X		13.095	4.710	61.685	1516.728	
Y	13, 2 A 14, 2	2.946	5.394	15.897	90.982	-0.939 1.928
X		17.508	4.901	85.817	1602.546	
Y	14, 2 A 15, 2	2.875	5.901	16.969	107.951	-0.866 1.928

PARA A LINHA J= 3 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORCA	SOMA	TAU	C
X		506.618	1.803	913.628	913.628		
Y	B A 1, 3	17.838	-0.076	-1.355	-1.355	0.342	1.579
X		39.771	1.803	71.723	985.351		
Y	1, 3 A 2, 3	1.887	-0.076	-0.143	-1.499	0.342	1.579

X		39.236	2.197	86.224	1071.576	-58	
Y	2, 3 A 3, 3	2.265	0.227	0.516	-0.982	0.173	1.579
X		35.291	2.561	90.411	1161.987		
Y	3, 3 A 4, 3	2.477	0.561	1.392	0.409	-0.000	1.579
X		31.202	2.895	90.352	1252.340		
Y	4, 3 A 5, 3	2.674	0.926	2.477	2.886	-0.173	1.579
X		26.993	3.199	86.370	1338.710		
Y	5, 3 A 6, 3	2.854	1.320	3.768	6.654	-0.342	1.579
X		22.687	3.475	78.838	1417.549		
Y	6, 3 A 7, 3	3.014	1.743	5.255	11.909	-0.500	1.579
X		18.295	3.724	68.136	1485.685		
Y	7, 3 A 8, 3	3.154	2.192	6.915	18.825	-0.642	1.579
X		13.830	3.949	54.628	1540.313		
Y	8, 3 A 9, 3	3.272	2.664	8.718	27.544	-0.766	1.579
X		9.293	4.156	38.624	1578.938		
Y	9, 3 A 10, 3	3.366	3.156	10.625	38.169	-0.866	1.579
X		4.674	4.347	20.321	1599.260		
Y	10, 3 A 11, 3	3.428	3.663	12.559	50.728	-0.939	1.579
X		6.248	4.527	28.292	1627.552		
Y	11, 3 A 12, 3	3.479	4.180	14.546	65.274	-0.984	1.579
X		4.739	4.703	22.293	1649.845		
Y	12, 3 A 13, 3	3.461	4.703	16.281	81.555	-1.000	1.579
X		9.569	4.878	46.687	1696.533		
Y	13, 3 A 14, 3	3.451	5.226	18.040	99.596	-0.984	1.579
X		14.497	5.059	73.349	1769.882		
Y	14, 3 A 15, 3	3.415	5.743	19.615	119.211	-0.939	1.579

PARA A LINHA J= 4 COM C1= -0.863

PONTOS (TRECHOS)		AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X	B A 1, 4	532.484	1.729	921.046	921.046	0.499	1.230
Y		15.550	-0.002	-0.036	-0.036		
X	1, 4 A 2, 4	43.454	1.729	75.163	996.209	0.499	1.230
Y		1.745	-0.002	-0.004	-0.040		
X	2, 4 A 3, 4	44.980	2.152	96.818	1093.028	0.342	1.230
Y		2.217	0.273	0.605	0.565		
X	3, 4 A 4, 4	41.160	2.546	104.820	1197.848	0.173	1.230
Y		2.477	0.577	1.429	1.994		
X	4, 4 A 5, 4	37.127	2.910	108.073	1305.922	-0.000	1.230
Y		2.725	0.910	2.482	4.477		
X	5, 4 A 6, 4	32.916	3.244	106.804	1412.727	-0.173	1.230
Y		2.959	1.275	3.773	8.251		
X	6, 4 A 7, 4	28.555	3.548	101.336	1514.063	-0.342	1.230
Y		3.175	1.669	5.301	13.552		
X	7, 4 A 8, 4	24.068	3.824	92.041	1606.105	-0.500	1.230
Y		3.372	2.092	7.055	20.607		
X	8, 4 A 9, 4	19.469	4.073	79.303	1685.408	-0.642	1.230
Y		3.548	2.541	9.016	29.623		
X	9, 4 A 10, 4	14.766	4.299	63.481	1748.889	-0.766	1.230
Y		3.699	3.013	11.149	40.773		
X	10, 4 A 11, 4	9.940	4.505	44.784	1793.673	-0.866	1.230
Y		3.818	3.505	13.386	54.159		
X		4.996	4.696	23.467	1817.140		

					-60	
Y	11, 4 A 12, 4	3.890	4.012	15.608	69.767	-0.939 1.230
X		4.082	4.877	19.910	1837.051	
Y	12, 4 A 13, 4	3.994	4.529	18.095	87.863	-0.984 1.230
X		5.167	5.052	26.107	1863.158	
Y	13, 4 A 14, 4	4.009	5.052	20.260	108.123	-1.000 1.230
X		10.493	5.227	54.861	1918.020	
Y	14, 4 A 15, 4	4.018	5.575	22.401	130.525	-0.984 1.230

PARA A LINHA J= 5 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X		554.441	1.629	903.594	903.594		
Y	B A 1, 5	13.143	0.097	1.283	1.283	0.642	0.881
X		46.957	1.629	76.527	980.121		
Y	1, 5 A 2, 5	1.575	0.097	0.153	1.437	0.642	0.881
X		50.722	2.078	105.440	1085.562		
Y	2, 5 A 3, 5	2.120	0.346	0.735	2.172	0.499	0.881
X		47.085	2.501	117.785	1203.347		
Y	3, 5 A 4, 5	2.426	0.622	1.509	3.682	0.342	0.881
X		43.159	2.895	124.977	1328.324		
Y	4, 5 A 5, 5	2.725	0.926	2.524	6.206	0.173	0.881
X		38.989	3.259	127.103	1455.427		
Y	5, 5 A 6, 5	3.014	1.259	3.797	10.003	-0.000	0.881
X		34.616	3.593	124.404	1579.831		
Y	6, 5 A 7, 5	3.288	1.624	5.341	15.345	-0.173	0.881
X		30.073	3.897	117.218	1697.050		
Y	7, 5 A 8, 5	3.546	2.018	7.159	22.504	-0.342	0.881

					-61	
X		25.386	4.173	105.943	1802.993	
	8, 5 A 9, 5					
Y		3.785	2.441	9.240	31.745	-0.500 0.881
X		20.573	4.422	90.979	1893.972	
	9, 5 A 10, 5					
Y		4.001	2.890	11.565	43.310	-0.642 0.881
X		15.610	4.648	72.559	1966.531	
	10, 5 A 11, 5					
Y		4.185	3.362	14.072	57.383	-0.766 0.881
X		10.491	4.854	50.931	2017.462	
	11, 5 A 12, 5					
Y		4.321	3.854	16.654	74.038	-0.866 0.881
X		5.341	5.045	26.952	2044.415	
	12, 5 A 13, 5					
Y		4.463	4.361	19.467	93.506	-0.939 0.881
X		11.466	5.226	59.924	2104.340	
	13, 5 A 14, 5					
Y		4.587	4.878	22.382	115.889	-0.984 0.881
X		5.535	5.401	29.902	2134.242	
	14, 5 A 15, 5					
Y		4.580	5.401	24.741	140.630	-1.000 0.881

PARA A LINHA J= 6 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X		572.450	1.506	862.385	862.385		
	B A 1, 6						
Y		10.636	0.220	2.349	2.349	0.766	0.532
X		50.260	1.506	75.715	938.101		
	1, 6 A 2, 6						
Y		1.376	0.220	0.304	2.653	0.766	0.532
X		56.404	1.978	111.614	1049.715		
	2, 6 A 3, 6						
Y		1.971	0.446	0.880	3.534	0.642	0.532
X		53.007	2.427	128.694	1178.409		
	3, 6 A 4, 6						
Y		2.321	0.695	1.615	5.149	0.499	0.532
X		49.232	2.850	140.342	1318.751		
	4, 6 A 5, 6						
						0.342	0.532

X		45.136	3.244	146.456	1465.208		
Y	5, 6 A 6, 6	3.014	1.275	3.843	11.587	0.173	0.532
X		40.773	3.609	147.153	1612.361		
Y	6, 6 A 7, 6	3.348	1.609	5.387	16.975	-0.000	0.532
X		36.194	3.942	142.710	1755.071		
Y	7, 6 A 8, 6	3.670	1.973	7.242	24.217	-0.173	0.532
X		31.440	4.246	133.522	1888.593		
Y	8, 6 A 9, 6	3.976	2.367	9.413	33.630	-0.342	0.532
X		26.541	4.522	120.026	2008.620		
Y	9, 6 A 10, 6	4.261	2.790	11.891	45.522	-0.500	0.532
X		21.483	4.771	102.504	2111.124		
Y	10, 6 A 11, 6	4.517	3.239	14.632	60.154	-0.642	0.532
X		16.253	4.997	81.221	2192.345		
Y	11, 6 A 12, 6	4.726	3.711	17.541	77.696	-0.766	0.532
X		11.033	5.203	57.410	2249.755		
Y	12, 6 A 13, 6	4.940	4.203	20.767	98.464	-0.866	0.532
X		5.564	5.394	30.015	2279.771		
Y	13, 6 A 14, 6	5.063	4.710	23.850	122.314	-0.939	0.532
X		14.542	5.575	81.079	2360.851		
Y	14, 6 A 15, 6	5.270	5.227	27.555	149.870	-0.984	0.532

PARA A LINHA J= 7 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X		586.481	1.363	799.780	799.780		
Y	B A 1, 7	8.049	0.363	2.927	2.927	0.866	0.183

X		62.343	1.363	72.744	872.524		
---	--	--------	-------	--------	---------	--	--

Y	1, 7 A 2, 7	1.150	0.363	0.418	3.345	0.866	0.183
X		61.977	1.855	115.001	987.525		
Y	2, 7 A 3, 7	1.770	0.569	1.008	4.354	0.766	0.183
X		58.876	2.327	137.057	1124.582		
Y	3, 7 A 4, 7	2.161	0.795	1.719	6.074	0.642	0.183
X		55.292	2.776	153.543	1278.125		
Y	4, 7 A 5, 7	2.557	1.044	2.672	8.746	0.499	0.183
X		51.294	3.199	164.123	1442.249		
Y	5, 7 A 6, 7	2.954	1.320	3.900	12.647	0.342	0.183
X		46.951	3.593	168.734	1610.983		
Y	6, 7 A 7, 7	3.348	1.624	5.438	18.086	0.173	0.183
X		42.332	3.958	167.556	1778.540		
Y	7, 7 A 8, 7	3.735	1.958	7.314	25.400	-0.000	0.183
X		37.500	4.291	160.950	1939.490		
Y	8, 7 A 9, 7	4.111	2.322	9.547	34.948	-0.173	0.183
X		32.506	4.595	149.398	2088.889		
Y	9, 7 A 10, 7	4.471	2.716	12.146	47.094	-0.342	0.183
X		27.352	4.871	133.243	2222.132		
Y	10, 7 A 11, 7	4.804	3.139	15.082	62.177	-0.500	0.183
X		22.032	5.120	112.816	2334.948		
Y	11, 7 A 12, 7	5.094	3.588	18.279	80.456	-0.642	0.183
X		16.781	5.346	89.717	2424.666		
Y	12, 7 A 13, 7	5.389	4.060	21.885	102.342	-0.766	0.183
X		11.272	5.552	62.593	2487.258		
Y	13, 7 A 14, 7	5.594	4.552	25.470	127.812	-0.866	0.183

X		5.720	5.743	32.857	2520.116	-64	
	14, 7 A 15, 7					-0.939	0.183
Y		5.782	5.059	29.255	157.068		

PARA A LINHA J= 8 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X		596.514	1.205	719.224	719.224		
	B A 1, 8					0.939	-0.165
Y		5.400	0.521	2.817	2.817		
X		56.190	1.205	67.749	786.974		
	1, 8 A 2, 8					0.939	-0.165
Y		0.897	0.521	0.468	3.285		
X		67.393	1.712	115.428	902.403		
	2, 8 A 3, 8					0.866	-0.165
Y		1.516	0.712	1.080	4.366		
X		64.649	2.204	142.526	1044.929		
	3, 8 A 4, 8					0.766	-0.165
Y		1.943	0.919	1.786	6.152		
X		61.297	2.676	164.089	1209.018		
	4, 8 A 5, 8					0.642	-0.165
Y		2.383	1.144	2.728	8.880		
X		57.415	3.125	179.479	1388.497		
	5, 8 A 6, 8					0.499	-0.165
Y		2.831	1.393	3.946	12.827		
X		53.089	3.548	188.399	1576.896		
	6, 8 A 7, 8					0.342	-0.165
Y		3.283	1.669	5.481	18.308		
X		48.407	3.942	190.867	1767.763		
	7, 8 A 8, 8					0.173	-0.165
Y		3.735	1.973	7.371	25.679		
X		43.458	4.307	187.181	1954.944		
	8, 8 A 9, 8					-0.000	-0.165
Y		4.182	2.307	9.650	35.329		
X		38.320	4.641	177.845	2132.790		
	9, 8 A 10, 8					-0.173	-0.165
Y		4.620	2.671	12.342	47.671		
X		33.020	4.944	163.287	2296.077		
	10, 8 A 11, 8					-0.342	-0.165
Y		5.036	3.065	15.438	63.110		

X		27.576	5.220	143.957	2440.035		
Y	11, 8 A 12, 8	5.413	3.488	18.883	31.993	-0.500	-0.165
X		22.274	5.469	121.831	2561.866		
Y	12, 8 A 13, 8	5.797	3.937	22.828	104.821	-0.642	-0.165
X		16.754	5.695	95.423	2657.289		
Y	13, 8 A 14, 8	6.095	4.409	26.880	131.702	-0.766	-0.165
X		11.285	5.901	66.604	2723.893		
Y	14, 8 A 15, 8	6.376	4.901	31.252	162.955	-0.866	-0.165

PARA A LINHA J= 9 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X		602.538	1.037	625.036	625.036		
Y	8 A 1, 9	2.710	0.690	1.870	1.870	0.984	-0.514
X		58.780	1.037	60.975	686.012		
Y	1, 9 A 2, 9	0.620	0.690	0.428	2.298	0.984	-0.514
X		72.610	1.554	112.892	798.904		
Y	2, 9 A 3, 9	1.211	0.870	1.054	3.353	0.939	-0.514
X		70.288	2.061	144.922	943.827		
Y	3, 9 A 4, 9	1.667	1.061	1.771	5.124	0.866	-0.514
X		67.214	2.553	171.644	1115.471		
Y	4, 9 A 5, 9	2.145	1.263	2.720	7.845	0.766	-0.514
X		63.468	3.026	192.056	1307.528		
Y	5, 9 A 6, 9	2.640	1.493	3.944	11.789	0.642	-0.514
X		59.149	3.475	205.548	1513.076		
Y	6, 9 A 7, 9	3.148	1.742	5.487	17.277	0.499	-0.514
X		54.365	3.397	211.905	1724.981		

					-56	
	7, 9 A 8, 9				0.342	-0.514
Y		3.663	2.018	7.395	24.672	
X		49.231	4.291	211.298	1936.280	
	8, 9 A 9, 9				0.173	-0.514
Y		4.182	2.322	9.713	34.386	
X		43.859	4.656	204.218	2140.499	
	9, 9 A 10, 9				-0.000	-0.514
Y		4.699	2.656	12.481	46.867	
X		38.312	4.990	191.184	2331.683	
	10, 9 A 11, 9				-0.173	-0.514
Y		5.201	3.020	15.710	62.578	
X		32.643	5.294	172.816	2504.500	
	11, 9 A 12, 9				-0.342	-0.514
Y		5.671	3.414	19.365	81.943	
X		27.197	5.569	151.475	2655.975	
	12, 9 A 13, 9				-0.500	-0.514
Y		6.151	3.837	23.607	105.551	
X		21.613	5.818	125.756	2781.731	
	13, 9 A 14, 9				-0.642	-0.514
Y		6.552	4.286	28.086	133.637	
X		16.216	6.044	98.016	2879.748	
	14, 9 A 15, 9				-0.766	-0.514
Y		6.936	4.758	33.008	166.646	

PARA A LINHA J=10 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORCA	SOMA	TAU	C
X		604.547	0.863	522.142	522.142		
	B A 1,10					1.000	-0.863
Y		0.000	0.863	0.000	0.000		
X		61.091	0.863	52.764	574.906		
	1,10 A 2,10					1.000	-0.863
Y		0.320	0.863	0.276	0.276		
X		77.583	1.386	107.562	682.468		
	2,10 A 3,10					0.984	-0.863
Y		0.855	1.039	0.888	1.165		
X		75.761	1.903	144.238	826.707		
	3,10 A 4,10					0.939	-0.863
Y		1.334	1.219	1.627	2.793		

X			73.020	2.410	176.045	1002.752	-67	
Y	4,10 A 5,10		1.844	1.410	2.601	5.395	0.866	-0.863
X			69.437	2.902	201.558	1204.311		
Y	5,10 A 6,10		2.380	1.617	3.849	9.244	0.766	-0.863
X			65.115	3.375	219.768	1424.079		
Y	6,10 A 7,10		2.938	1.342	5.416	14.660	0.642	-0.863
X			60.179	3.824	230.131	1654.211		
Y	7,10 A 8,10		3.515	2.092	7.353	22.014	0.499	-0.863
X			54.770	4.246	232.600	1886.811		
Y	8,10 A 9,10		4.103	2.367	9.715	31.729	0.342	-0.863
X			49.038	4.641	227.587	2114.399		
Y	9,10 A 10,10		4.699	2.671	12.553	44.282	0.173	-0.863
X			43.088	5.005	215.672	2330.071		
Y	10,10 A 11,10		5.289	3.005	15.895	60.178	-0.000	-0.863
X			37.024	5.339	197.677	2527.748		
Y	11,10 A 12,10		5.856	3.369	19.732	79.910	-0.173	-0.863
X			31.252	5.643	176.360	2704.108		
Y	12,10 A 13,10		6.438	3.763	24.233	104.144	-0.342	-0.863
X			25.449	5.918	150.624	2854.732		
Y	13,10 A 14,10		6.949	4.186	29.093	133.238	-0.500	-0.863
X			20.004	6.167	123.380	2978.112		
Y	14,10 A 15,10		7.447	4.635	34.523	167.761	-0.642	-0.863

PARA A LINHA J=11 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORCA	SOMA	TAU	C
X		602.538	0.690	415.777	415.777		
Y	B A 1,11	2.710	1.037	2.811	2.811	0.984	-1.212

X		63.100	0.690	43.541	459.319		
Y	1,11 A 2,11	0.000	1.037	0.000	2.811	0.984	-1.212
X		82.267	1.212	99.771	559.090		
Y	2,11 A 3,11	0.450	1.212	0.546	3.358	1.000	-1.212
X		81.036	1.735	140.636	699.727		
Y	3,11 A 4,11	0.944	1.388	1.310	4.669	0.984	-1.212
X		78.698	2.252	177.301	877.028		
Y	4,11 A 5,11	1.477	1.568	2.318	6.987	0.939	-1.212
X		75.316	2.759	207.869	1084.897		
Y	5,11 A 6,11	2.048	1.759	3.604	10.592	0.866	-1.212
X		70.989	3.251	230.844	1315.741		
Y	6,11 A 7,11	2.651	1.966	5.214	15.806	0.766	-1.212
X		65.850	3.724	245.236	1560.977		
Y	7,11 A 8,11	3.283	2.192	7.198	23.005	0.642	-1.212
X		60.064	4.173	250.659	1811.636		
Y	8,11 A 9,11	3.939	2.441	9.615	32.620	0.499	-1.212
X		53.814	4.595	247.328	2058.965		
Y	9,11 A 10,11	4.611	2.716	12.527	45.147	0.342	-1.212
X		47.256	4.990	235.816	2294.781		
Y	10,11 A 11,11	5.289	3.020	15.977	61.125	0.173	-1.212
X		40.553	5.354	217.138	2511.920		
Y	11,11 A 12,11	5.955	3.354	19.976	81.101	-0.000	-1.212
X		34.181	5.688	194.431	2706.351		
Y	12,11 A 13,11	6.643	3.718	24.706	105.808	-0.173	-1.212
X		27.890	5.992	167.125	2873.476		

						-69	
	13,11 A 14,11					-0.342	-1.212
Y		7.271	4.112	29.908	135.716		
X		22.142	6.267	138.780	3012.256		
	14,11 A 15,11					-0.500	-1.212
Y		7.893	4.535	35.798	171.515		

PARA A LINHA J=12 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORCA	SOMA	TAU	C
X		596.513	0.521	311.183	311.183		
	B A 1,12					0.939	-1.561
Y		5.400	1.205	6.511	6.511		
X		64.778	0.521	33.793	344.976		
	1,12 A 2,12					0.939	-1.561
Y		0.338	1.205	0.403	6.919		
X		86.613	1.039	90.001	434.978		
	2,12 A 3,12					0.984	-1.561
Y		0.000	1.386	0.000	6.920		
X		86.078	1.561	134.438	569.417		
	3,12 A 4,12					1.000	-1.561
Y		0.498	1.561	0.778	7.698		
X		84.232	2.084	175.584	745.002		
	4,12 A 5,12					0.984	-1.561
Y		1.047	1.737	1.819	9.517		
X		81.109	2.601	211.044	956.046		
	5,12 A 6,12					0.939	-1.561
Y		1.643	1.917	3.152	12.670		
X		76.792	3.109	238.750	1194.797		
	6,12 A 7,12					0.866	-1.561
Y		2.284	2.109	4.818	17.489		
X		71.411	3.600	257.142	1451.939		
	7,12 A 8,12					0.766	-1.561
Y		2.966	2.315	6.867	24.357		
X		65.141	4.073	265.335	1717.275		
	8,12 A 9,12					0.642	-1.561
Y		3.682	2.541	9.357	33.714		
X		58.198	4.522	263.189	1980.465		
	9,12 A 10,12					0.499	-1.561
Y		4.428	2.790	12.356	46.070		

						-70	
X		50.785	4.944	251.131	2231.596		
	10,12 A 11,12					0.342	-1.561
Y		5.192	3.065	15.918	61.989		
X		43.132	5.339	230.293	2461.889		
	11,12 A 12,12					0.173	-1.561
Y		5.957	3.369	20.074	82.063		
X		35.789	5.703	204.123	2666.012		
	12,12 A 13,12					-0.000	-1.561
Y		6.754	3.703	25.013	107.076		
X		28.614	6.037	172.754	2838.766		
	13,12 A 14,12					-0.173	-1.561
Y		7.504	4.067	30.524	137.601		
X		22.155	6.341	140.491	2979.257		
	14,12 A 15,12					-0.342	-1.561
Y		8.255	4.461	36.833	174.435		

PARA A LINHA J=13 COM C1= -0.863

	PONTOS(TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORCA	SOMA	TAU	C
X		586.480	0.363	213.297	213.297		
	B A 1,13					0.866	-1.910
Y		8.049	1.363	10.976	10.976		
X		66.093	0.363	24.037	237.335		
	1,13 A 2,13					0.866	-1.910
Y		0.692	1.363	0.944	11.921		
X		90.564	0.870	78.858	316.193		
	2,13 A 3,13					0.939	-1.910
Y		0.493	1.554	0.767	12.689		
X		90.845	1.388	126.109	442.303		
	3,13 A 4,13					0.984	-1.910
Y		0.000	1.735	0.000	12.689		
X		89.602	1.910	171.220	613.523		
	4,13 A 5,13					1.000	-1.910
Y		0.553	1.910	1.058	13.747		
X		86.824	2.433	211.296	824.820		
	5,13 A 6,13					0.984	-1.910
Y		1.166	2.086	2.434	16.182		
X		82.559	2.951	243.637	1068.457		
	6,13 A 7,13					0.939	-1.910
Y		1.836	2.267	4.162	20.244		

X		76.916	3.458	265.985	1334.443		
Y	7,13 A 8,13	2.558	2.458	6.288	26.633	0.866	-1.910
X		70.070	3.949	276.776	1611.218		
Y	8,13 A 9,13	3.328	2.664	8.869	35.502	0.766	-1.910
X		62.253	4.422	275.301	1886.520		
Y	9,13 A 10,13	4.142	2.890	11.972	47.475	0.642	-1.910
X		53.709	4.871	261.635	2148.155		
Y	10,13 A 11,13	4.988	3.139	15.661	63.136	0.499	-1.910
X		44.740	5.294	236.860	2385.015		
Y	11,13 A 12,13	5.850	3.414	19.978	83.115	0.342	-1.910
X		35.967	5.688	204.588	2589.604		
Y	12,13 A 13,13	6.755	3.718	25.121	108.236	0.173	-1.910
X		27.383	6.052	165.735	2755.338		
Y	13,13 A 14,13	7.630	4.052	30.920	139.157	-0.000	-1.910
X		19.637	6.386	125.410	2880.749		
Y	14,13 A 15,13	8.516	4.416	37.616	176.773	-0.173	-1.910

PARA A LINHA J=14 COM C1= -0.863

	PONTOS (TRECHOS)	AREA	SIGMA	FORÇA	SOMA	TAU	C
X		572.449	0.220	126.455	126.455		
Y	B A 1,14	10.637	1.506	16.024	16.024	0.766	-2.259
X		67.008	0.220	14.802	141.258		
Y	1,14 A 2,14	1.059	1.506	1.596	17.620	0.766	-2.259
X		94.055	0.712	67.038	208.296		
Y	2,14 A 3,14	1.025	1.712	1.756	19.377	0.866	-2.259
X		95.288	1.219	116.233	324.530		

						-72	
Y	3,14 A 4,14	0.548	1.903	1.043	20.420	0.939	-2.259
X		94.785	1.737	164.664	489.195		
Y	4,14 A 5,14	0.000	2.084	0.000	20.420	0.984	-2.259
X		92.468	2.259	208.974	698.169		
Y	5,14 A 6,14	0.618	2.259	1.397	21.818	1.000	-2.259
X		88.332	2.782	245.799	943.968		
Y	6,14 A 7,14	1.305	2.435	3.178	24.997	0.984	-2.259
X		82.444	3.300	272.074	1216.042		
Y	7,14 A 8,14	2.058	2.616	5.385	30.382	0.939	-2.259
X		74.955	3.807	285.367	1501.410		
Y	8,14 A 9,14	2.874	2.807	8.068	38.450	0.866	-2.259
X		66.096	4.299	284.150	1785.560		
Y	9,14 A 10,14	3.747	3.013	11.293	49.743	0.766	-2.259
X		56.139	4.771	267.862	2053.422		
Y	10,14 A 11,14	4.669	3.239	15.126	64.870	0.642	-2.259
X		45.448	5.220	237.259	2290.682		
Y	11,14 A 12,14	5.624	3.488	19.620	84.490	0.499	-2.259
X		34.709	5.643	195.869	2486.551		
Y	12,14 A 13,14	6.634	3.763	24.972	109.462	0.342	-2.259
X		24.069	6.037	145.317	2631.868		
Y	13,14 A 14,14	7.634	4.067	31.054	140.516	0.173	-2.259
X		14.292	6.401	91.497	2723.365		
Y	14,14 A 15,14	8.659	4.401	38.114	178.631	-0.000	-2.259

PARA A LINHA J=15 COM C1= -0.863

PONTOS(TRECHOS) AREA SIGMA FORCA SOMA TAU C

X			554.440	0.097	54.138	54.138	-73	
Y	0	A 1,15	13.143	1.629	21.420	21.420	0.642	-2.60
X			67.480	0.097	6.589	60.727		
Y	1,15	A 2,15	1.435	1.629	2.338	23.759	0.642	-2.60
X			97.009	0.569	55.292	116.020		
Y	2,15	A 3,15	1.592	1.855	2.954	26.713	0.766	-2.60
X			99.345	1.061	105.487	221.507		
Y	3,15	A 4,15	1.142	2.061	2.354	29.068	0.866	-2.60
X			99.741	1.568	156.481	377.989		
Y	4,15	A 5,15	0.611	2.252	1.377	30.446	0.939	-2.60
X			98.038	2.086	204.537	582.527		
Y	5,15	A 6,15	0.000	2.433	0.000	30.446	0.984	-2.60
X			94.151	2.609	245.642	828.169		
Y	6,15	A 7,15	0.692	2.609	1.807	32.253	1.000	-2.60
X			88.081	3.131	275.849	1104.019		
Y	7,15	A 8,15	1.465	2.784	4.079	36.333	0.984	-2.60
X			79.929	3.649	291.677	1395.696		
Y	8,15	A 9,15	2.315	2.965	6.864	43.197	0.939	-2.60
X			69.897	4.156	290.511	1686.207		
Y	9,15	A 10,15	3.238	3.156	10.221	53.419	0.866	-2.60
X			58.261	4.648	270.802	1957.010		
Y	10,15	A 11,15	4.227	3.362	14.216	67.635	0.766	-2.60
X			45.427	5.120	232.606	2189.616		
Y	11,15	A 12,15	5.268	3.588	18.904	86.540	0.642	-2.60
X			32.135	5.569	178.975	2368.591		
	12,15	A 13,15					0.499	-2.60

X	18.689	5.992	111.993	2480.584		
13,15 A 14,15					0.342	-2.609
Y	7.501	4.112	30.852	141.875		
X	5.975	6.386	38.159	2518.744		
14,15 A 15,15					0.173	-2.609
Y	8.665	4.416	38.272	180.147		

HODOGRAFO

PONTO	X(CM)	Y(CM)	MOD V
-------	-------	-------	-------

A	3.525	21.913	
B	-3.474	21.913	
15,15	0.025	18.413	4.949
15,14	-0.292	18.121	4.949
15,13	-0.635	17.858	4.949
15,12	-0.999	17.626	4.949
15,11	-1.382	17.427	4.949
15,10	-1.781	17.262	4.949
15, 9	-2.193	17.132	4.949
15, 8	-2.614	17.038	4.949
15, 7	-3.042	16.982	4.949
15, 6	-3.474	16.963	4.949
15, 5	-3.905	16.982	4.949
15, 4	-4.333	17.038	4.949
15, 3	-4.755	17.132	4.949
15, 2	-5.167	17.262	4.949
15, 1	-5.566	17.427	4.949
14,15	0.344	18.121	5.381
14,14	0.025	17.803	5.398
14,13	-0.334	17.500	5.415
14,12	-0.721	17.230	5.432
14,11	-1.131	16.993	5.449
14,10	-1.562	16.792	5.466

14, 8	-2.471	16.505	5.499
14, 7	-2.944	16.422	5.516
14, 6	-3.423	16.380	5.533
14, 5	-3.905	16.380	5.549
14, 4	-4.387	16.422	5.566
14, 3	-4.865	16.507	5.582
14, 2	-5.335	16.633	5.599
14, 1	-5.794	16.800	5.615
13, 15	0.686	17.858	5.809
13, 14	0.386	17.500	5.863
13, 13	0.025	17.140	5.918
13, 12	-0.368	16.809	5.974
13, 11	-0.794	16.511	6.030
13, 10	-1.248	16.249	6.085
13, 9	-1.728	16.025	6.141
13, 8	-2.230	15.842	6.196
13, 7	-2.751	15.703	6.252
13, 6	-3.287	15.608	6.307
13, 5	-3.834	15.560	6.362
13, 4	-4.387	15.560	6.418
13, 3	-4.944	15.609	6.473
13, 2	-5.499	15.707	6.528
13, 1	-6.047	15.854	6.583
12, 15	1.050	17.626	6.233
12, 14	0.772	17.230	6.322
12, 13	0.420	16.809	6.420
12, 12	0.025	16.415	6.517
12, 11	-0.408	16.051	6.615
12, 10	-0.879	15.721	6.714
12, 9	-1.384	15.429	6.812
12, 8	-1.921	15.179	6.911

12, 7	-2.485	14.973	7.009
12, 6	-3.074	14.815	7.108
12, 5	-3.683	14.708	7.207
12, 4	-4.308	14.653	7.307
12, 3	-4.944	14.653	7.406
12, 2	-5.586	14.710	7.506
12, 1	-6.229	14.823	7.606
11, 15	1.433	17.427	6.649
11, 14	1.183	16.993	6.774
11, 13	0.845	16.511	6.917
11, 12	0.459	16.051	7.059
11, 11	0.025	15.617	7.203
11, 10	-0.454	15.214	7.348
11, 9	-0.977	14.848	7.493
11, 8	-1.541	14.522	7.639
11, 7	-2.144	14.241	7.786
11, 6	-2.781	14.009	7.934
11, 5	-3.448	13.830	8.082
11, 4	-4.141	13.708	8.232
11, 3	-4.856	13.646	8.382
11, 2	-5.586	13.646	8.532
11, 1	-6.327	13.710	8.684
10, 15	1.832	17.262	7.056
10, 14	1.613	16.792	7.218
10, 13	1.299	16.249	7.408
10, 12	0.930	15.721	7.599
10, 11	0.505	15.214	7.791
10, 10	0.025	14.735	7.986
10, 9	-0.507	14.287	8.182
10, 8	-1.091	13.878	8.380
10, 7	-1.724	13.513	8.580
10, 6	-2.402	13.197	8.781

10, 5	-3.122	12.935	8.985
10, 4	-3.880	12.732	9.190
10, 3	-4.670	12.592	9.397
10, 2	-5.487	12.521	9.605
10, 1	-6.327	12.521	9.815
9, 15	2.244	17.132	7.454
9, 14	2.061	16.629	7.652
9, 13	1.779	16.025	7.891
9, 12	1.435	15.429	8.133
9, 11	1.028	14.848	8.378
9, 10	0.558	14.287	8.626
9, 9	0.025	13.754	8.877
9, 8	-0.568	13.256	9.131
9, 7	-1.223	12.797	9.389
9, 6	-1.934	12.387	9.650
9, 5	-2.700	12.030	9.913
9, 4	-3.516	11.733	10.180
9, 3	-4.378	11.502	10.450
9, 2	-5.280	11.343	10.723
9, 1	-6.216	11.261	10.999
8, 15	2.666	17.038	7.840
8, 14	2.523	16.505	8.075
8, 13	2.281	15.842	8.366
8, 12	1.972	15.179	8.661
8, 11	1.593	14.522	8.961
8, 10	1.142	13.878	9.266
8, 9	0.620	13.256	9.576
8, 8	0.025	12.661	9.891
8, 7	-0.640	12.102	10.211
8, 6	-1.375	11.588	10.536
8, 5	-2.177	11.124	10.866

8, 4	-3.044	10.720	11.201
8, 3	-3.970	10.383	11.540
8, 2	-4.952	10.120	11.885
8, 1	-5.983	9.938	12.234
7, 15	3.094	16.982	8.213
7, 14	2.995	16.422	8.485
7, 13	2.802	15.703	8.830
7, 12	2.537	14.973	9.181
7, 11	2.195	14.241	9.540
7, 10	1.775	13.513	9.905
7, 9	1.274	12.797	10.278
7, 8	0.691	12.102	10.658
7, 7	0.025	11.437	11.045
7, 6	-0.722	10.809	11.439
7, 5	-1.550	10.229	11.841
7, 4	-2.458	9.705	12.250
7, 3	-3.441	9.247	12.666
7, 2	-4.495	8.863	13.089
7, 1	-5.615	8.563	13.520
6, 15	3.525	16.963	8.573
6, 14	3.474	16.380	8.882
6, 13	3.338	15.608	9.282
6, 12	3.126	14.815	9.692
6, 11	2.832	14.009	10.111
6, 10	2.453	13.197	10.541
6, 9	1.986	12.387	10.980
6, 8	1.426	11.588	11.429
6, 7	0.773	10.809	11.888
6, 6	0.025	10.061	12.357
6, 5	-0.817	9.354	12.836
6, 4	-1.753	8.699	13.326
6, 3	-2.741	8.105	13.825

6, 2	-3.898	7.584	14.335
6, 1	-5.099	7.147	14.855
5, 15	3.957	16.982	8.918
5, 14	3.957	16.394	9.256
5, 13	3.884	15.560	9.721
5, 12	3.733	14.708	10.191
5, 11	3.498	13.831	10.674
5, 10	3.172	12.935	11.170
5, 9	2.750	12.030	11.680
5, 8	2.228	11.125	12.202
5, 7	1.601	10.230	12.738
5, 6	0.867	9.355	13.287
5, 5	0.024	8.512	13.849
5, 4	-0.927	7.714	14.426
5, 3	-1.987	6.971	15.015
5, 2	-3.155	6.297	15.619
5, 1	-4.426	5.704	16.237
4, 15	4.385	17.038	9.248
4, 14	4.437	16.436	9.623
4, 13	4.437	15.624	10.107
4, 12	4.358	14.654	10.675
4, 11	4.186	13.709	11.224
4, 10	3.925	12.734	11.790
4, 9	3.561	11.735	12.373
4, 8	3.089	10.723	12.973
4, 7	2.503	9.709	13.590
4, 6	1.799	8.702	14.224
4, 5	0.972	7.717	14.876
4, 4	0.021	6.765	15.545
4, 3	-1.056	5.861	16.232
4, 2	-2.260	5.018	16.938

4, 1	-3.588	4.252	17.661
3, 15	4.806	17.132	9.562
3, 14	4.914	16.520	9.973
3, 13	4.988	15.672	10.515
3, 12	4.988	14.698	11.120
3, 11	4.896	13.647	11.764
3, 10	4.711	12.595	12.402
3, 9	4.419	11.505	13.062
3, 8	4.012	10.387	13.743
3, 7	3.483	9.252	14.446
3, 6	2.824	8.111	15.171
3, 5	2.030	6.977	15.918
3, 4	1.096	5.863	16.687
3, 3	0.018	4.786	17.479
3, 2	-1.204	3.760	18.294
3, 1	-2.573	2.801	19.132
2, 15	5.218	17.262	9.859
2, 14	5.383	16.646	10.305
2, 13	5.538	15.769	10.907
2, 12	5.627	14.754	11.579
2, 11	5.627	13.780	12.205
2, 10	5.517	12.524	12.999
2, 9	5.309	11.348	13.739
2, 8	4.982	10.127	14.505
2, 7	4.525	8.872	15.299
2, 6	3.930	7.595	16.119
2, 5	3.187	6.308	16.967
2, 4	2.290	5.027	17.842
2, 3	1.232	3.767	18.746
2, 2	0.010	2.545	19.679
2, 1	-1.379	1.379	20.641
1, 15	5.617	17.427	10.138

1, 14	5.841	16.812	10.620
1, 13	6.081	15.915	11.282
1, 12	6.266	14.867	12.022
1, 11	6.356	13.844	12.717
1, 10	6.356	12.703	13.467
1, 9	6.230	11.268	14.404
1, 8	5.997	9.948	15.259
1, 7	5.629	8.577	16.147
1, 6	5.115	7.164	17.068
1, 5	4.443	5.723	18.022
1, 4	3.604	4.269	19.011
1, 3	2.588	2.818	20.034
1, 2	1.388	1.388	21.092
1, 1	0.000	0.000	22.187

LINHAS DE FLUENCIA

MODULO

7 - Bibliografia

- FORD, Hugh - Advanced mechanics of materials. London, Longmans, 1963. 672p.
- HANSEN, Bent - A theory of plasticity for ideal frictionless materials. Copenhagen, Teknisk Forlag, 1965. 471p.
- HEYMAN, J., LECKIE, F. A., ed. - Engineering plasticity. Cambridge, University Press, 1968. 706p.
- HILL, R. - The mathematical theory of plasticity. Oxford, Clarendon Press, 1971. 355p. (The Oxford Engineering Science series).
- KOBAYASHI, S.; THOMSEN, E.G. - Approximate solutions to a problem of press forging. Journal of Engineering for Industry (Trans. of the ASME - series B). New York, 81(3): 217-227, aug. 1959.
- MENDELSON, Alexander - Plasticity: theory and application. New York, Macmillan, 1968. 353p. (Macmillan series in Applied Mechanics).
- NÁDAI, A.; WAHL, A.M. - Plasticity: a mechanics of the plastic state of matter. New York, McGraw-Hill, 1931. 349p. (Engineering Societies Monographs).
- PRAGER, William - A geometrical discussion of the slip line field in plane plastic flow. Transactions of the Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden, (65): 3-25, 1953.
- PRAGER, William - Probleme der plastizitätstheorie. Basel, Birkhäuser, 1955. 100p.
- PRAGER, William - Problèmes de plasticité théorique; traduit par J. Kieffer et R. Epain. Paris, Dunod, 1958. 121p.
- PRAGER, William ; HODGE, Jr., P.G. - Theorie ideal plastischer Körper. Wien, Springer, 1954. 274p.
- REHDER, Otto Alfredo - Conformação plástica: estudo macroscópico das deformações permanentes nos materiais sólidos e sua aplicação na tecnologia mecânica. São Carlos, EESC, 1970. 2v.

SHABAIK, A.; KOSAYASHI, S. - Computer application to the viscoplasticity method. Journal of Engineering for Industry (Trans. of the ASME - series - B) New York, 89 (2): 339-346, may, 1967.

THOMSEN, E.G. - New method for the construction of henckyprandtl nets. Journal of Applied Mechanics (Trans. of the ASME). New York, 24 (1): 81-84, mar. 1957.

WESNER, JR., J. W. + Weinstein, A.S. - Computerized relaxation applied to the plane-strain indenter. Journal of Basic Engineering (Trans. of the ASME - series D). New York, 91 (4): 816-821, dec. 1969.