

UMA APLICAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA AO PROBLEMA  
DE DIMENSIONAMENTO DE REDES DE ESGOTOS

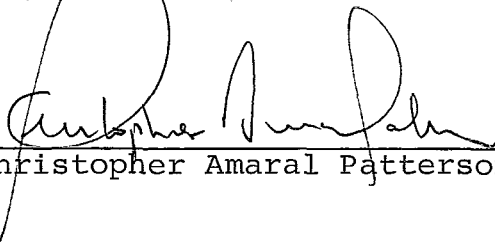
REINALDO MARTINS ALBUQUERQUE

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JA  
NEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M. Sc.)

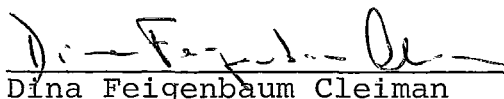
Aprovada por:



Nelson Maculan  
(Presidente)



Christopher Amaral Patterson



Dina Feigenbaum Cleiman



Antonio Fernandes Oliveira

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 1981

ALBUQUERQUE, REINALDO MARTINS

Uma Aplicação de Programação Matemática ao Problema de Dimensionamento de Redes de Esgotos [Rio de Janeiro] .

V,36 p. 29,7 (COPPE-UFRJ, M. Sc. Sistemas e Computação, 1980

Tese - Univ. Fed. Rio de Janeiro. Programa de Engenharia de Sistemas e Computação

1. Redes de Esgotos I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

AGRADECIMENTOS

Aos professores Christopher A. Patterson e Nelson Maculan, pela orientação e estímulo, que permitiram o desenvolvimento desse trabalho.

Aos demais membros da banca, pelo estímulo dado para que esse trabalho fosse realizado.

A Raimundo Nonato de Miranda Chaves e a Pedro Manso Cabral Filho, pela colaboração e incentivos prestados durante esse trabalho.

A Marianne Hanel pela eficiência demonstrada na datilografia dos meus manuscritos.

## RESUMO

Esse trabalho descreve um modelo matemático desenvolvido para determinar a solução de menor custo em um projeto de redes de esgtos sanitários.

O modelo é composto de uma função objetivo definida a partir dos custos de construção de uma rede, e de um conjunto de restrições hidráulicas e normativas impostas pela ABNT.

As variáveis do modelo são as cotas das geratrizes inferiores dos coletores a montante e jusante e seus respectivos diâmetros.

As informações necessárias são o traçado da rede e as vazões estimadas nos trechos da rede.

Na solução do problema é utilizado um algoritmo de Programação Inteira Mista, onde as variáveis inteiras são binárias e utilizadas para escolher o diâmetro comercial de cada trecho.

ABSTRACT

This work describes a mathematical model developed to find the least cost solution for the design of sanitary sewers.

The model is composed by an objective function obtained from construction cost data and a set of hydraulic and normative constraints imposed by ABNT.

The variables of the model are the invert elevation at upstream and downstream of the pipe, and its respective diameters.

The informations needed are the network layout and the estimated quantities of flow in the pipes.

To obtain the solution of the problem is used a Mixed Integer Programming algorithm, where the integer variables are binaries and used to choose the comercial diameter for each pipe.

Í N D I C E

	<u>Pág.</u>
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
O PROBLEMA DE REDES DE ESGOTOS SANITÁRIOS ...	1
GENERALIDADES SOBRE UMA REDE DE ESGOTOS .....	2
OBJETIVOS DO TRABALHO .....	5
CAPÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	6
DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	6
DESCRIÇÃO DO MODELO .....	9
CAPÍTULO III - MODELO MATEMÁTICO .....	13
FUNÇÃO OBJETIVO .....	13
RESTRICÇÕES DO MODELO .....	17
MÉTODO DE SOLUÇÃO .....	22
MODELO COMPLETO .....	26
CAPÍTULO IV - VALIDAÇÃO DO MODELO .....	29
CAPÍTULO V - CONCLUSÃO .....	34
BIBLIOGRAFIA .....	35

## CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

I.1 - O PROBLEMA DE REDES DE ESGOTOS SANITÁRIOS

O atendimento às populações carentes de redes de esgotos sanitários vem sendo bastante dificultado devido ao alto custo das obras envolvidas. Estudos do Banco Mundial de mostram que a implantação de redes coletoras de esgotos custam, por habitante, nos diversos países entre Cr\$. . . . 14.900,00 e Cr\$ 49.000,00. A população brasileira atendida por redes de esgotos é estimada em apenas 15%.

Por outro lado, os métodos tradicionais utilizados para a elaboração de projetos de redes de esgotos não empregam nenhum conceito de otimização visando minimizar custos. A análise econômica nos cálculos hidráulicos efetuados fica ao encargo do bom senso do projetista, que muitas vezes não dispõe de dados suficientes para fazê-la.

O critério básico adotado para o cálculo da rede é não aprofundar a tubulação, localizando-a sempre que possível paralela ao terreno. Quando o aprofundamento da rede é inevitável, o cálculo do projeto torna-se crítico. Parte-se do princípio de que os custos de escavação são maiores que os de fornecimento da tubulação, e assim as canalizações são projetadas com a menor declividade possível, não se buscando outras alternativas com o objetivo de reduzir custos.

Por esses motivos torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que, reduzindo o custo de implantação de redes coletoras de esgotos, permitam um atendimento a uma parcela mais ampla de população.

## I.2 - GENERALIDADES SOBRE UMA REDE DE ESGOTOS

Para que se possa entender melhor o desenvolvimento do modelo, apresenta-se nesse item alguns conceitos e características principais associados ao problema de esgotamento sanitário.

Apresenta-se também, algumas simplificações que normalmente são feitas.

### I.2.1 - Conceitos Gerais

#### - Coletor de Esgoto

"É a tubulação que, funcionando como conduto livre, recebe contribuição de esgoto em qualquer ponto ao longo do seu comprimento".

#### - Coletor Predial

"É o coletor de propriedade particular que conduz o esgoto de um ou mais edifícios até a rede coletora".

#### - Profundidade do Coletor

"Representa a diferença de nível entre a superfície do terreno e a geratriz inferior da tubulação".

#### - Recobrimento do Coletor

"Representa a diferença de nível entre a superfície do terreno e a geratriz superior da tubulação".



- Poço de Visita

"É uma câmara visitável através de uma abertura existente na sua parte superior, destinada a permitir a reunião de dois ou mais coletores, e a permitir a execução de trabalhos de manutenção desses coletores".

- Trecho de Coletor

"É o comprimento de coletor compreendido entre dois poços de visita sucessivos".

- Rede Coletora de Esgotos

"É o conjunto de coletores de esgotos e de seus poços de visita".

- Período de Projeto

Uma rede de esgotos sempre é projetada para atender à demanda existente durante um determinado período, denominado período de projeto.

I.2.2 - Características de uma Rede de Esgotos

O líquido flui nos coletores por gravidade, sendo encaminhado para um destino determinado: uma estação de tratamento, um interceptor etc.

Dessa forma, pode-se destacar uma das características de uma rede de esgotos que é a de que um trecho da re-

de admite contribuições de um ou mais trechos a montante, mas só contribui para um trecho a jusante. Pode-se conceituar uma rede de esgotos como sendo uma "árvore" orientada dos nós para a raiz, onde cada nó é um poço de visita e a cada arco um trecho da rede.

Uma rede de esgotos é determinada pelo seu traçado e perfil. Este último é definido pelo diâmetro de tubulação e pelas cotas das geratrizes inferiores da tubulação, em cada trecho da rede.

### I.2.3 - Simplificações Efetuadas

As simplificações a serem efetuados no problema são as seguintes:

- os coletores prediais não são considerados no problema, já que o custo dessas ligações pode ser admitido como invariável em função dos diversos perfis possíveis para a rede.
- considera-se o esgoto fluindo uniformemente na tubulação, isto é, a altura da lâmina d'água não se altera em nenhum ponto de um trecho.
- as vazões em cada trecho são consideradas como contribuições no início do trecho.

### I.3 - OBJETIVOS DO TRABALHO

O objetivo desse trabalho é apresentar um modelo matemático que permite a obtenção da solução de menor custo para o projeto de rede de esgotos sanitários. O modelo é baseado em uma função objetivo que exprime os custos necessários à implantação de uma rede, e de um conjunto de restrições que retratam as diversas relações hidráulicas e normativas a que estão sujeitas as variáveis do modelo.

O capítulo II desse trabalho descreve o modelo matemático e suas variáveis. No capítulo III apresenta-se o desenvolvimento do modelo e o método de solução adotado. O capítulo IV contém uma aplicação do modelo e finalmente, no capítulo V, apresenta-se algumas conclusões sobre o trabalho.

## CAPÍTULO II

## CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

II.1 - DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

A seguir apresenta-se uma relação das variáveis e constantes do problema.

$\bar{E}_i$  - cota da geratriz inferior da tubulação a montante do trecho i.

$\underline{E}_i$  - cota da geratriz inferior da tubulação a jusante do trecho i.

$D_i$  - diâmetro da tubulação no trecho i.

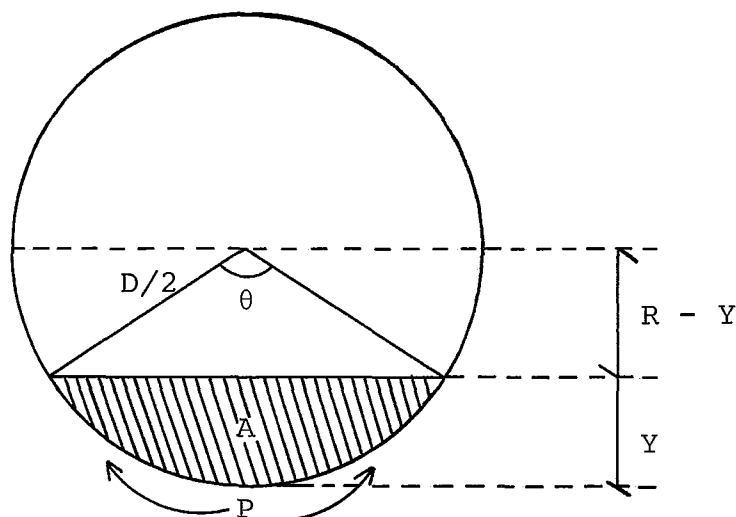
$I_i$  - declividade da tubulação no trecho i.  
 (=  $\bar{E}_i - \underline{E}_i / L_i$ )

$VI_i$  - velocidade de escoamento no trecho i, no início do período de projeto.

$VF_i$  - velocidade de escoamento no trecho i, no final do período de projeto.

$YI_i$  - altura da lâmina d'água, ou tirante, na seção da tubulação do trecho i, no início do período de projeto (ver fig-1).

- $YF_i$  - altura da lâmina d'água, ou tirante, na seção da tubulação do trecho  $i$ , no final do período de projeto (ver fig-1).
- $TRI_i$  - tirante relativo na seção da tubulação do trecho  $i$ , no início do período de projeto, igual a  $YI_i/D_i$ .
- $TRF_i$  - tirante relativo na seção da tubulação do trecho  $i$ , no final do período de projeto, igual a  $YF_i/D_i$ .
- $A_i$  - área molhada da seção da tubulação do trecho  $i$  (ver fig-1).
- $P_i$  - perímetro molhado da seção da tubulação do trecho  $i$  (ver fig-1).
- $\theta_i$  - ângulo interno, em radianos, que circunda a área molhada (ver fig-1).



As constantes do problema são:

$\bar{G}_i$  - cota do terreno no poço de visita a montante do trecho  $i$ .

$\underline{G}_i$  - cota do terreno no poço de visita a jusante do trecho  $i$ .

$QI_i$  - vazão no trecho  $i$ , no início do período do projeto.

$QF_i$  - vazão no trecho  $i$ , no final do período de projeto.

$L_i$  - comprimento do trecho  $i$ .

$M$  - Recobrimento mínimo da rede.

## II.2 - DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo desenvolvido se propõe a determinar o perfil de uma rede de esgotos. Para isso, considera-se como informações básicas:

- o traçado da rede, incluindo a localização dos poços de visita, o sentido do fluxo e o comprimento de cada trecho
- as vazões de início e fim do período de projeto
- as cotas do terreno em cada poço de visita.

A partir desses dados calcula-se, para cada trecho, o diâmetro ( $D_i$ ) e as cotas de montante e jusante da geratriz inferior da tubulação ( $\bar{E}_i$  e  $E_i$  respectivamente).

A função objetivo do modelo é expressa em função da profundidade média de escavação 'X' e do diâmetro 'D'.

As restrições do modelo são:

● **Recobrimento Mínimo:**

A tubulação, em toda a sua extensão, deve estar a uma certa distância da superfície, denominada recobrimento mínimo. Essa restrição visa evitar danos à tubulação devido ao movimento de cargas na superfície.

- Progressão de Cotas:

A cota de jusante de qualquer trecho não pode ser menor que a cota de montante do seu sucessor (trecho a jusante).

- Progressão de Diâmetros:

O diâmetro de qualquer trecho não pode ser maior que o do seu sucessor.

- Os diâmetros a empregar são os existentes no comércio. A tabela de diâmetros comerciais é a seguinte:

0,15; 0,20; 0,25; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70;  
0,80; 0,90; 1,00; 1,20 (m).

- As vazões de início e fim de período de projeto em cada trecho, para efeitos de cálculo, devem ser superiores a 2,2 l/s, mesmo que as vazões médias sejam menores que esse valor. Essa restrição deve-se à suposição de que, pelo menos em um determinado instante, passe pela tubulação uma vazão de 2,2 l/s que corresponde à vazão fornecida por um vaso sanitário de tamanho normal.

- A velocidade de escoamento de início de projeto deve ser superior a 0,5 m/s, enquanto que para o final de projeto, a velocidade deve ser inferior a



4,0 m/s.

- O tirante relativo no início de projeto deve ser superior a 0,2 para velocidades no intervalo  $[0,5$   $0,6]$ . Essa restrição garante que, para velocidades de escoamento pequenas, não haja depósito de sólidos na tubulação, permitindo a sua auto-limpeza. O tirante relativo no final de projeto deve ser inferior a 0,75, permitindo espaço para os gases que se formam naturalmente na tubulação, e impedindo ainda que a rede funcione sob pressão em algum trecho.
- Não deve haver formação de remanso entre dois trechos para o final de projeto, isto é, não se deve permitir a possibilidade de mudança no sentido do fluxo.
- O modelo deve prever a existência de trechos já construídos na região em que se pretende implantar a rede.
- As variáveis do modelo estão sujeitas às seguintes equações:

$$- Q = VA \quad (\text{equação da continuidade})$$

$$- v = \frac{1}{\eta} R_H^{2/3} I^{1/2} \quad (\text{equação de Manning})$$

onde:

$$R_H = \frac{A}{P}$$

e,

Q - vazão (m<sup>3</sup>/s)

V - velocidade de escoamento (m/s)

η - coeficiente de rugosidade de Manning  
(= 0,013)

R<sub>H</sub> - raio hidráulico (m)

I - declividade (m/m)

A - área molhada (m<sup>2</sup>)

P - perímetro molhado (m)

## CAPÍTULO III

## MODELO MATEMÁTICO

III.1 - FUNÇÃO OBJETIVO

O custo por metro linear de implantação de uma rede de esgotos pode ser definido como função linear do diâmetro da tubulação (D) e da profundidade média da escavação (X). A escolha de uma função linear deve-se além da facilidade para a modelagem, ao fato de que o ajuste obtido através de uma regressão linear, com base nos dados mensais dos boletins da EMOP, ter apresentado um bom resultado. Dessa forma, tem-se:

$$C_{ML} = a + bD + cX$$

onde:

$C_{ML}$  - custo por metro linear de tubulação implantada (Cr\$/m)

D - diâmetro da tubulação (m)

X - profundidade média de escavação (m)

a, b, c - coeficientes da regressão

O custo de um trecho é:

$$C_T = L (a + bD + cX)$$

onde:

$C_T$  - custo do trecho (Cr\$)

$L$  - comprimento do trecho (m)

O custo de implantação de uma rede pode ser expressa então como:

$$C = \sum_{i=1}^N L_i (a + bD_i + c X_i) \quad (1)$$

onde:

$C$  = custo total da rede (Cr\$)

$N$  - número de trechos

Seja agora a profundidade média de escavação  $X_i$ , expressa como função das variáveis  $\bar{E}_i$  e  $\underline{E}_i$

$$X_i = \frac{(\bar{G}_i - \bar{E}_i) + (\underline{G}_i - \underline{E}_i)}{2} \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1) e efetuando o somatório em  $i$  para todos os termos, temos:

$$C = a \sum_{i=1}^N L_i + b \sum_{i=1}^N L_i D_i + \frac{c}{2} \sum_{i=1}^N L_i (\bar{G}_i + \underline{G}_i) - \frac{c}{2} \sum_{i=1}^N (\bar{E}_i + \underline{E}_i)$$

O 1º e 3º termos são constantes e portanto vamos substituí-los por  $\alpha$

$$c = \alpha + b \sum_{i=1}^N L_i D_i - \frac{c}{2} \sum_{i=1}^N (\bar{E}_i + \underline{E}_i) \quad (3)$$

Seja agora uma variável  $\delta_{ik}$  tal que:

$$D_i = \sum_{k=1}^{12} D_{ik} \delta_{ik} \quad (4)$$

onde

$$D_{ik} \in \{\text{Diâmetros Comerciais}\}$$

$$\delta_{ik} \in \{0, 1\}, \text{ onde}$$

$$\delta_{ik} = 1 \text{ se o diâmetro } D_{ik} \text{ é o escolhido para o trecho } i$$

$$\delta_{ik} = 0, \text{ em caso contrário}$$

A introdução da variável  $\delta_{ik}$  permite que sejam considerados no modelo somente os diâmetros comerciais.

Substituindo (4) em (3), obtemos:

$$c = \alpha + b \sum_{i=1}^N L_i \sum_{k=1}^{12} D_{ik} \delta_{ik} - \frac{c}{2} \sum_{i=1}^N (\bar{E}_i + \underline{E}_i)$$

### III.2 - RESTRIÇÕES DO MODELO

#### - Recobrimento Mínimo

a) montante

$$\bar{G}_i - \bar{E}_i - D_i \geq M$$

onde:

M - recobrimento mínimo

$$\bar{E}_i + \sum_{k=1}^{12} D_{ik} \delta_{ik} \leq \bar{G}_i - M \quad i = 1, \dots, N$$

b) jusante

$$\underline{G}_i - \underline{E}_i - D_i \geq M$$

$$\underline{E}_i + \sum_{k=1}^{12} D_{ik} \delta_{ik} \leq \underline{G}_i - M \quad i = 1, \dots, N$$

#### - Escolha de um diâmetro para cada trecho

$$\sum_{k=1}^{12} \delta_{ik} = 1 \quad i = 1, \dots, N$$

#### - Progressão de Cotas

$$\underline{E}_i \geq \bar{E}_j \quad i = 1, \dots, N - 1$$

j - sucessor de i

- Progressão de Diâmetros

$$\sum_{k=1}^{12} D_{ik} \delta_{ik} \leq \sum_{k=1}^{12} D_{jk} \delta_{jk} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, N - 1 \\ j - \text{sucessor de } i \end{array}$$

as relações entre a velocidade e altura do tirante e as variáveis do modelo ( $\delta_{ik}$ ,  $\bar{E}_i$  e  $\underline{E}_i$ ) não são lineares. Dessa maneira, colocar as restrições de limites de velocidades e tirantes como restrições lineares no modelo é bastante difícil. Torna-se necessário portanto substituir essas restrições por outras lineares e que garantam aquelas relações. A maneira encontrada para fazer isso é definir, para cada trecho e diâmetro comercial, um conjunto de soluções tal que:

- todo elemento nesse conjunto satisfaça às restrições de velocidade e altura do tirante.
- nenhum elemento fora dele satisfaça a essas restrições.

Esse conjunto é definido por uma declividade mínima ( $I_{ikmin}$ ) e uma máxima ( $I_{ikmax}$ ) calculadas da maneira que se segue, para cada trecho  $i$  e diâmetro  $D_{ik}$ :

$I_{ikmin}$

Passo 1: Calcula-se as declividades  $I_{ik}^*$  e  $I_{ik}^{**}$  tal que  $VI_{ik}^* = 0,5 \text{ m/s}$  e  $VI_{ik}^{**} = 0,6 \text{ m/s}$

Passo 2: Se  $\frac{VI_{ik}}{D_{ik}} \geq 0,2$  para  $I_{ik}^*$  e  $I_{ik}^{**}$ , vá para o Passo

3. Caso contrário, calcula-se  $I_{ik}^*$  com  $VI_{ik}$  tal



$$\text{que } \frac{YI_{ik}}{D_{ik}} = 0,2.$$

Passo 3: Se  $\frac{YF_{ik}}{D_{ik}} \leq 0,75$  então  $I_{ikmin} = I_{ik}^*$

Caso contrário,  $I_{ikmin} = I_{ik}^*$  tal que  $\frac{YF_{ik}}{D_{ik}} = 0,75$

$I_{ikmax}$

Calculado com  $VF_{ik} = 4,0$  m/s

Com base nessas declividades, pode-se então definir dois conjuntos de restrições, que permitem eliminar do modelo as restrições de velocidade e tirante. São elas:

- Declividade maior que a mínima

$$\bar{E}_i - \underline{E}_i \geq L_i \sum_{k=1}^k I_{ikmin} \delta_{ik} \quad i = 1, \dots, N$$

- Declividade menor que a máxima

$$\bar{E}_i - \underline{E}_i \leq L_i \sum_{k=1}^k I_{ikmax} \delta_{ik} \quad i = 1, \dots, N$$

- Formação de Remanso

A restrição de formação de remanso pode ser expressa pela seguinte inequação:

$$\underline{E}_i + YF_i \leq \bar{E}_j + VF_j \quad i = 1, \dots, N$$

j - sucessor  
de i,

No entanto, é impossível reduzir essa inequação a uma forma linear, para incluí-la no modelo. Sendo assim, esse problema é corrigido após a obtenção da solução ótima, abaixando a rede verticalmente a partir do trecho em que houver formação de remanso, de um valor tal que seja inibido o remanso.

- Trecho já construído a montante

$$\bar{E}_i \leq E_{im}^* \quad (\text{Progressão de Cotas})$$

onde,

$E_{im}^*$  - menor cota de jusante dos trechos já construídos

$$\sum_{k=1}^{12} D_{ik} \delta_{ik} \geq D_{im}^* \quad (\text{Progressão de Diâmetros})$$

onde,

$D_{im}^*$  - maior diâmetro dos trechos já construídos

- Trecho já construído a jusante

$$\bar{E}_i \geq E_{ij}^* \quad (\text{Progressão de Cotas})$$

onde,

$E_{ij}^*$  - cota de montante do trecho já construído

$$\sum_{k=1}^{12} D_{ik} \delta_{ik} \leq D_{ij}^* \quad (\text{Progressão de Diâmetros})$$

onde

$D_{ij}^*$  - diâmetro do trecho já construído.

### III.3 - MÉTODO DE SOLUÇÃO

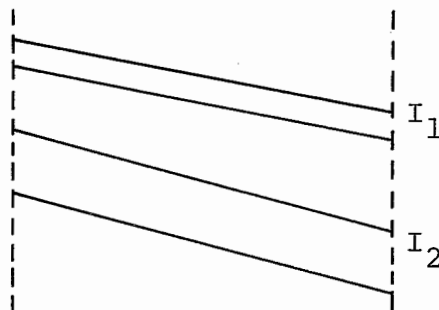
O modelo, da forma como está formulado, é um problema típico de Programação Inteira Mista, onde as variáveis selecionadoras de diâmetro ( $\delta_{ik}$ ) devem assumir os valores 0 ou 1, podendo as demais variáveis assumirem quaisquer valores.

No entanto resta ainda um problema, no que diz respeito à dimensão do modelo. Se tomarmos uma rede coletora de 50 trechos, que pode ser considerada uma rede de pequeno porte, teremos 600 variáveis inteiras (50 trechos x 12 diâmetros comerciais), o que torna difícil a obtenção da solução ótima. Deve-se portanto definir uma forma de reduzir o número de diâmetros a serem considerados para cada trecho, para tornar possível a resolução do modelo.

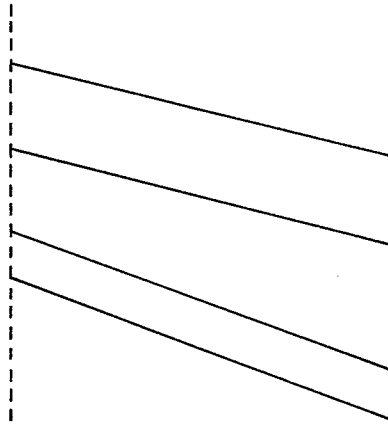
#### III.3.1 - Seleção de Diâmetros

Quando do cálculo das declividades mínimas, na comparação entre dois diâmetros  $D_1$  e  $D_2$  ( $D_1 < D_2$ ), dois casos podem ocorrer:

$$1 - I_1 < I_2$$



$$2 - I_1 > I_2$$



$I_1$  - declividade mínima para o diâmetro  $D_1$

$I_2$  - declividade mínima para o diâmetro  $D_2$

No primeiro caso, o menor diâmetro está associado à menor declividade mínima, isto é, a tubulação com menor diâmetro ( $D_1$ ) pode ser colocada nas mesmas posições que o maior diâmetro ( $D_2$ ), podendo ainda levar a inclinações menores e, conseqüentemente, a menores profundidades. Como o custo é diretamente proporcional ao diâmetro e à profundidade, não tem sentido considerarmos o diâmetro  $D_2$  no modelo.

Já no segundo caso, o menor diâmetro está associado a uma declividade mínima maior e portanto, não podemos determinar a priori qual o "melhor" diâmetro, pois temos duas alternativas a considerar: aumentar a declividade da tubulação, diminuindo o custo do diâmetro e aumentando o da profundidade ou vice-versa. Desta maneira, os dois diâmetros devem ser con

siderados no modelo.

O algoritmo para a determinação dos diâmetros candidatos de um determinado trecho  $i$  é o seguinte:

Passo 0: Sejam duas listas  $L_1$  (ordenada) e  $L_2$  tal que:

$L_1$  inicialmente contém todos os diâmetros comerciais e  $L_2$  a lista de diâmetros candidatos, inicialmente vazia.

Passo 1: Seja  $D^*$  o diâmetro tal que:

$$I_{imin}^* = \text{mínimo} \{I_{imink}^*\}, k = 1, \dots, 12.$$

Retire de  $L_1$  todos os diâmetros maiores que  $D^*$ .

Passo 2: Coloque  $D^*$  em  $L_2$ . Se  $D^* \neq 0.15$  (menor diâmetro comercial) vá para o Passo 3. Caso contrário PARE.

Passo 3: Seja  $D'$  o próximo diâmetro em  $L_1$  tal que  $D' < D^*$ . Se  $L_1$  está vazia PARE. Caso contrário vá para o passo 4.

Passo 4: Coloque  $D'$  em  $L_2$ . Se  $I_{imin} \geq IT_i$  e  $L_1 \neq \emptyset$ , coloque o próximo diâmetro de  $L_1$  em  $L_2$  e PARE. Caso contrário faça  $D^* = D'$  e vá para Passo 3.

Ao final da seleção de diâmetros para os trechos da rede, deve-se percorrer as listas  $L_2$  de todos os trechos, excluindo os diâmetros que não atendam às restrições de progressão de diâmetros.

A inclusão da declividade do terreno no algoritmo de seleção de diâmetros é para considerar a alternativa de instalação da tubulação com um diâmetro  $D_i$  paralela ao terreno, embora esse diâmetro possa oferecer declividades maiores que os demais.

Para os trechos que tenham trechos construídos a montante ou jusante, deve-se verificar ainda se todos os diâmetros da lista de candidatos satisfazem à restrição de progressão de diâmetros para aqueles trechos. Caso isso não aconteça, deve-se eliminar diâmetros ou, se necessário, selecionar outro diâmetro. Com isso, pode-se retirar a restrição de progressão de diâmetros para os trechos já construídos.

III.4 - MODELO COMPLETO

Podemos agora apresentar o modelo completo. Sejam:

- N - conjunto de trechos
- $N_1$  - conjunto de trechos para os quais selecionou-se apenas 1 diâmetro
- $N_2$  - conjunto de trechos para os quais selecionou-se mais de 1 diâmetro
- $k_i$  - número de diâmetros considerados para o trecho  $i \in N_2$
- C - conjunto de trechos de cabeceira (trecho sem trecho a montante)
- U - último trecho da rede
- $T_m$  - conjunto de trechos que tenham trechos já construídos a montante
- $T_j$  - conjunto de trechos que tenham trechos já construídos a jusante (este conjunto é vazio ou contém um elemento que é o último trecho U).



O modelo passa a ser:

$$\min c = \alpha + b \sum_{j \in N_1} L_j D_j + b \sum_{j \in N_2} L_j \sum_{k=1}^{k_i} D_{ik} \delta_{ik} - \frac{c}{2} \sum_{i \in N} (\bar{E}_i + \underline{E}_i)$$

sujeito a:

$$- \bar{E}_i \leq \bar{G}_i - M - D_i \quad i \in C \cap N_1$$

$$- \bar{E}_i + \sum_{k=1}^{k_i} D_{ik} \delta_{ik} \leq \bar{G}_i - M \quad i \in N_2$$

$$- \underline{E}_i \leq \underline{G}_i - M - D_i \quad i \in N_1$$

$$- \underline{E}_i + \sum_{k=1}^{k_i} D_{ik} \delta_{ik} \leq \underline{G}_i - M \quad i \in N_2$$

$$- \sum_{k=1}^{k_i} \delta_{ik} = 1 \quad i \in N_2$$

$$- \bar{E}_i - \underline{E}_i \geq L_i I_{imin} \quad i \in N_2$$

$$- \bar{E}_i - \underline{E}_i \geq L_i \sum_{k=1}^{k_i} I_{ikmin} \delta_{ik} \quad i \in N_2$$

$$- \bar{E}_i - \underline{E}_i \leq L_i I_{imax} \quad i \in N_2$$

$$- \bar{E}_i - \underline{E}_i \leq L_i \sum_{k=1}^{k_i} I_{ikmax} \delta_{ik} \quad i \in N_2$$

- $\underline{E}_i \geq E_j$   $i \in N - U$   
 $j$  - sucessor de  
 $i$
- $\sum_{k=1}^{k_i} D_{ik} \delta_{ik} \leq \sum_{k=1}^{k_i} D_{jk} \delta_{jk}$   $i \in N_2$
- $\bar{E}_i \leq E_{im}^*$   $i \in T_m$
- $\underline{E}_i \geq E_{ij}^*$   $i \in T_j$

Observações:

- a) os dois primeiros termos da função objetivo são constantes.
- b) a restrição de recobrimento mínimo a montante do trecho só é necessária para os trechos de cabeceira e aqueles com mais de um diâmetro. Para os demais, o recobrimento mínimo a montante é garantido pelas restrições de progressão de cotas e recobrimento mínimo a jusante dos trechos a montante.
- c) a restrição de progressão de diâmetros só é necessária entre trechos com mais de um diâmetro.
- d) como as declividades máximas, via de regra, são muito maiores que as mínimas, as restrições de declividade menor que a declividade máxima podem ser relaxadas, na maioria dos casos, já que o modelo naturalmente tentará colocar a tubulação com a declividade mais próxima possível de declividade mínima.

## CAPÍTULO IV

## VALIDAÇÃO DO MODELO

O modelo desenvolvido foi testado para uma rede de 30 trechos, cujo traçado está apresentado a seguir. Também estão apresentados a solução calculada pelo método tradicionalmente empregado pelos projetistas, e a solução obtida pelo modelo.

Em todos os trechos da rede, o diâmetro selecionado foi o de 0,15 m.

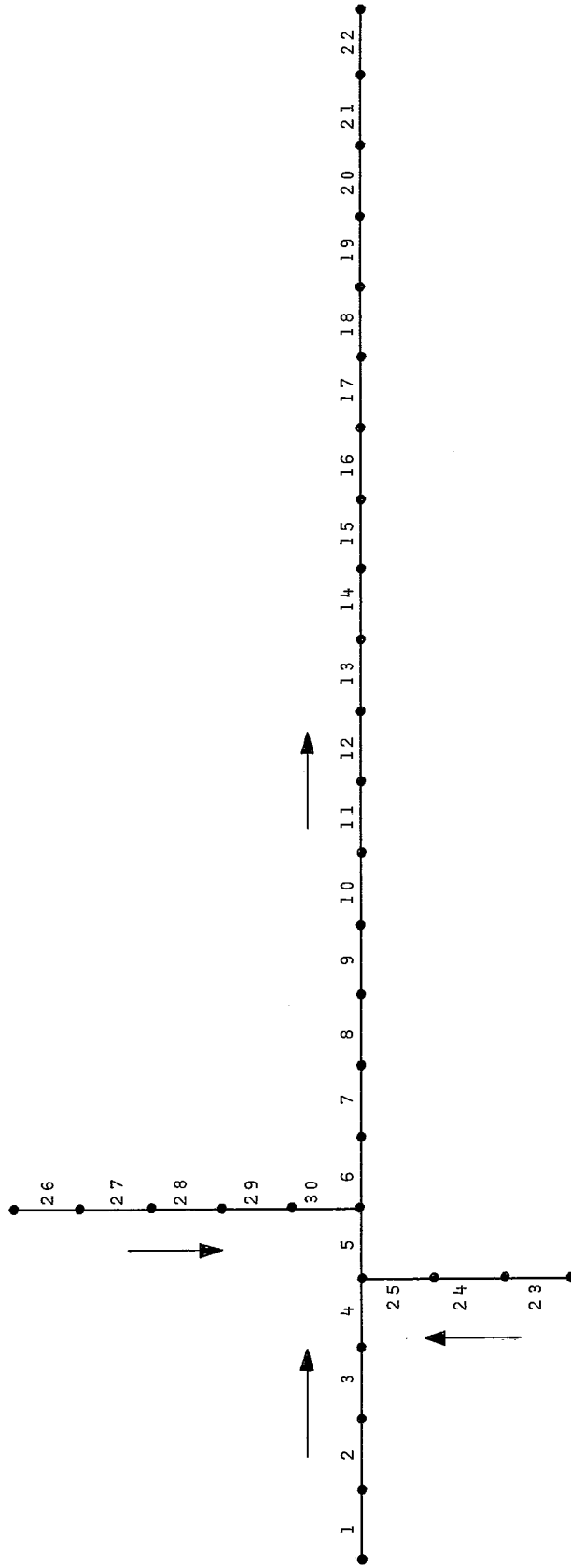
A função de custos utilizada foi a seguinte:

$$C = - 3558,70 + 21208,00D + 3181,50 X, \text{ com } X \text{ e } D \text{ em metros.}$$

Essa função foi obtida com dados reais dos boletins mensais da EMOP.

A comparação entre as duas soluções mostra uma economia de + 5% no perfil encontrado pelo modelo.

- Traçado



Dados

TRECHO	TRE JUS	COTA MONT. (m)	VAZ.IN (e/s)	VAZ.FIN (e/s)	COMPR (m)
1	2	105,00	2,2	2,2	80
2	3	101,80	2,2	2,2	80
3	4	99,10	2,2	2,2	80
4	5	96,60	2,2	2,2	74
5	6	95,30	2,2	2,2	57
6	7	92,80	2,2	2,6	90
7	8	89,70	2,2	2,8	90
8	9	87,00	2,2	3,1	90
9	10	83,60	2,2	3,3	90
10	11	81,40	2,2	3,5	85
11	12	78,40	2,2	3,7	85
12	13	77,00	2,2	4,0	85
13	14	76,00	2,2	4,2	85
14	15	76,22	2,3	4,3	60
15	16	74,76	2,4	4,5	60
16	17	73,58	2,5	4,7	70
17	18	73,70	2,6	4,8	70
18	19	73,09	2,7	5,0	70
19	20	73,50	2,8	5,2	75
20	21	74,10	2,9	5,4	75
21	22	73,50	2,9	5,6	60
22*	999	73,80	3,0	5,7	60
23	29	103,20	2,2	2,2	80
24	25	100,00	2,2	2,2	80
25	5	98,30	2,2	2,2	80
26	27	100,40	2,2	2,2	66
27	28	98,30	2,2	2,2	66
28	29	96,70	2,2	2,2	66
29	30	94,80	2,2	2,2	66
30	6	92,20	2,2	2,2	50

\* COTA FINAL 73,50

## Solução Tradicional

TRECHO	COTA MON	COTA JUS	DECLIV	DIAM
1	103,50	100,30	.0400	.15
2	100,30	97,60	.0338	.15
3	97,60	95,10	.0313	.15
4	95,10	93,70	.0189	.15
5	93,70	90,30	.0596	.15
6	90,30	88,20	.0233	.15
7	88,20	85,50	.0300	.15
8	85,50	81,10	.0488	.15
9	81,10	79,90	.0133	.15
10	79,90	76,90	.0353	.15
11	76,90	75,50	.0165	.15
12	75,50	74,50	.0117	.15
13	74,50	73,99	.0060	.15
14	73,99	73,26	.0128	.15
15	73,26	72,08	.0197	.15
16	72,08	71,66	.0060	.15
17	71,66	71,24	.0060	.15
18	71,24	70,82	.0060	.15
19	70,82	70,37	.0060	.15
20	70,37	69,92	.0060	.15
21	69,92	69,56	.0060	.15
22	69,56	69,20	.0060	.15
23	101,70	98,70	.0375	.15
24	98,70	96,80	.0238	.15
25	96,80	95,30	.0375	.15
26	98,90	96,80	.0318	.15
27	96,80	95,20	.0242	.15
28	95,20	93,30	.0288	.15
29	93,30	90,70	.0394	.15
30	90,70	90,40	.0060	.15

## Solução do Modelo

TRECHO	COTA MONT.	COTA JUS.	DECLIV.	MONT
1	103,50	100,30	.0400	.15
2	100,30	97,60	.0338	.15
3	97,60	95,10	.0313	.15
4	95,10	93,80	.0176	.15
5	93,80	91,30	.0439	.15
6	90,42	88,20	.0246	.15
7	88,20	85,50	.0300	.15
8	85,50	82,10	.0378	.15
9	82,10	79,90	.0244	.15
10	79,90	76,90	.0353	.15
11	76,90	75,50	.0165	.15
12	75,50	74,50	.0188	.15
13	74,50	74,02	.0056	.15
14	74,02	73,26	.0127	.15
15	73,26	72,08	.0197	.15
16	72,08	71,72	.0052	.15
17	71,72	71,37	.0050	.15
18	71,37	71,03	.0049	.15
19	71,03	70,67	.0047	.15
20	70,67	70,33	.0046	.15
21	70,33	70,06	.0045	.15
22	70,06	69,79	.0044	.15
23	101,70	98,70	.0375	.15
24	98,70	96,80	.0238	.15
25	96,80	95,30	.0375	.15
26	98,90	96,80	.0318	.15
27	96,80	95,20	.0242	.15
28	95,20	93,30	.0288	.15
29	93,30	90,70	.0394	.15
30	90,70	90,42	.0057	.15

## CAPÍTULO V

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados no capítulo anterior demonstram a eficiência do modelo no cálculo do projeto de uma rede de esgotos a custo mínimo. Nos diversos testes efetuados, a redução de custos situou-se entre 5 e 15%.

Entre as vantagens que o modelo apresenta sobre o método tradicional de cálculo, pode-se enumerar:

- a análise que o modelo faz para a rede no seu conjunto, e não trecho a trecho como usualmente é feito
- a sensibilidade que o modelo tem a variações nos custos associados as variáveis do problema na função objetivo, possibilitando sempre a escolha da melhor alternativa "diâmetro vs. profundidade" para um trecho.



## BIBLIOGRAFIA

1. DAJANI, Jarir S. e HASIT, Yakin - Capital Cost Minimization of Drainage Net works, J. Environ. Eng. Div., 1(100), 325-337, Apr. 1974
2. KUHNER, J. e HARRINGTON, J.J. - Capital Cost Minimization of Drainage Net works. Discussion. J. Environ. Eng. Div., 101 (EE2), 270-1, Abr. 1975
3. Walsh, S. e Brown L. C. - Least Cost Method for Sewer Design. J. Environ. Eng. Div., 99 (EE3), 333-345, Jun.1973
4. Argaman Y., Shamir U. e Spivak E. - Design of Optimal Sewerage Systems. J. Environ. Eng. Div., 99(EE5), 703-716, Out. 1973
5. Merrit, L. B. e Bogan, R. H. - Computer-Based Optimal Design of Sewer Systems. J. Environ. Eng. Div. 99(EE1), 35-53, Feb. 1973
6. Liebman, J. C. - A Heuristic Aid for the Design of Sewer Net works. J. Sanitary Eng. Div., 93 (SA4), 81-90, Ago. 1967
7. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - Elaboração de projetos de redes de esgotos sanitários (P - NB - 567), Rio de Janeiro, 28p., 1975

8. Zions, S. - Linear and Integer Programming. New Jersey, Prentice-Hall, 1974. 508 p
9. Salkin, H. M. - Integer Programming. Massachusetts, Wesley, 1975. 573 p.

Tabela (C.2) - Caso 2A

$$k_{\text{eff}}(\text{CITATION}) = 1,13346$$

SÍNTESE	$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,13612	$2,34639 \times 10^{-1}$	54	8	182
Descontínua Matricial	1,13635	$2,54754 \times 10^{-1}$	55	11	281
Contínua Diferencial	1,13205	$1,24279 \times 10^{-1}$	63	17	346
Contínua Matricial	1,13289	$5,05909 \times 10^{-2}$	63	19	395
Pseudo- Contínua	1,13334	$1,08658 \times 10^{-2}$	58	14	492

Tabela (C.2) - Caso 2B

$$k_{\text{eff}}(\text{CITATION}) = 1,13094$$

SÍNTESE	$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,13376	$2,49810 \times 10^{-1}$	54	11	245
Descontínua Matricial	1,13302	$1,84210 \times 10^{-1}$	55	16	586
Contínua Diferencial	1,12886	$1,83844 \times 10^{-1}$	64	29	806
Contínua Matricial	1,13010	$7,37812 \times 10^{-2}$	64	38	797
Pseudo- Contínua	1,13064	$2,66012 \times 10^{-2}$	58	17	497

Tabela (C.2) - Caso 3A  $k_{eff}(CITATION) = 1,05516$

SÍNTESE	$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,08200	2,54327	12	7	160
Descontínua Matricial	1,07438	1,82126	12	10	257
Contínua Diferencial	1,05628	$1,05347 \times 10^{-1}$	10	14	396
Contínua Matricial	1,05262	$2,40870 \times 10^{-1}$	10	13	324
Pseudo- Contínua	1,05262	$2,41118 \times 10^{-1}$	12	11	259

Tabela (C.2) - Caso 3B  $k_{eff}(TWODIM) = 1,05010$

SÍNTESE	$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,07435	2,30897	12	12	279
Descontínua Matricial	1,06861	1,76229	12	16	404
Contínua Diferencial	1,04706	$2,89252 \times 10^{-1}$	10	23	723
Contínua Matricial	1,04723	$2,73347 \times 10^{-1}$	10	23	710
Pseudo- Contínua	1,04888	$1,16564 \times 10^{-1}$	12	17	599

Tabela ( C.2) - Caso 4A  $k_{eff}(CITATION) = 1,01409$

SÍNTESE	$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ÍTERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,01574	$1,62394 \times 10^{-1}$	103	9	192
Descontínua Matricial	1,01468	$5,84273 \times 10^{-2}$	104	9	230
Contínua Diferencial	1,01466	$5,62295 \times 10^{-2}$	107	21	385
Contínua Matricial	1,01394	$1,44020 \times 10^{-2}$	106	22	415
Pseudo- Contínua	1,01348	$6,01732 \times 10^{-2}$	105	13	308

Tabela ( C.2) - Caso 4B  $k_{eff}(CITATION) = 0,01361$

SÍNTESE	$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ÍTERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,01457	$9,45414 \times 10^{-2}$	102	13	237
Descontínua Matricial	1,01421	$5,49006 \times 10^{-2}$	103	18	599
Contínua Diferencial	1,01349	$1,17236 \times 10^{-2}$	106	37	778
Contínua Matricial	1,01343	$1,73227 \times 10^{-2}$	106	38	907
Pseudo- Contínua	1,01337	$2,35983 \times 10^{-2}$	103	18	523

Tabela (C.2) - Caso 5A

$k_{eff}(TWODIM) = 0,99309$

SÍNTESE	$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,00874	1,57584	57	7	157
Descontínua Matricial	1,00750	1,45110	55	11	312
Contínua Diferencial	$9,93835 \times 10^{-1}$	$7,50059 \times 10^{-2}$	89	19	430
Contínua Matricial	$9,92945 \times 10^{-1}$	$1,46264 \times 10^{-2}$	86	18	418
Pseudo- Contínua	1,00314	1,01185	15	11	288

Tabela (C.2) - Caso 5B

$k_{eff}(TWODIM) = 0,99257$

SÍNTESE	$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	1,00720	1,47400	55	12	280
Descontínua Matricial	1,00689	1,44275	55	19	468
Contínua Diferencial	$9,92569 \times 10^{-1}$	$7,62133 \times 10^{-5}$	86	39	1304
Contínua Matricial	$9,92350 \times 10^{-1}$	$2,21684 \times 10^{-2}$	85	48	1414
Pseudo- Contínua	1,00162	$9,11450 \times 10^{-1}$	60	18	592

Tabela (C .3) - Variação do Autovalor com a Constante de Normalização para a Síntese Descontínua Diferencial

Caso 2A

$$k_{eff}(CITATION) = 1,13346$$

CONSTANTE DE NORMALIZAÇÃO	$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES
0,1	1,17932	4,04572	26
0,2	1,17723	3,86174	30
0,3	1,17393	3,57002	33
0,4	1,16962	3,19016	36
0,5	1,16457	2,74480	39
0,6	1,15904	2,25669	42
0,7	1,15326	1,74645	45
0,8	1,14742	1,23119	48
0,9	1,14167	$7,24116 \times 10^{-1}$	51
1,0	1,13612	$2,34639 \times 10^{-1}$	54
1,1	1,13084	$2,31162 \times 10^{-1}$	56
1,2	1,12587	$6,69539 \times 10^{-1}$	59
1,3	1,12123	1,07896	62
1,4	1,11692	1,45920	65
1,5	1,11294	1,81096	68
1,6	1,10926	2,13552	71
1,7	1,10587	2,43460	73
1,8	1,10275	2,70982	76
1,9	1,09988	2,96310	79





Tabela (C.5) - Caso 6A

$$k_{\text{eff}}(\text{TWODIM}) = 9,42780 \times 10^{-1}$$

SÍNTESE	$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Descontínua Diferencial	$9,42745 \times 10^{-1}$	$3,72788 \times 10^{-3}$	14	6	126
Descontínua Matricial	$9,42722 \times 10^{-1}$	$6,18497 \times 10^{-3}$	14	8	226
Contínua Diferencial	$9,42646 \times 10^{-1}$	$1,41896 \times 10^{-2}$	38	13	283
Contínua Matricial	$9,42579 \times 10^{-1}$	$2,13202 \times 10^{-2}$	96	19	382
Pseudo- Contínua	$9,43348 \times 10^{-1}$	$6,02159 \times 10^{-2}$	12	11	303

Tabela (C.6) - Teste de Convergência para Síntese Contínua Diferencial

Caso 6A

$$k_{\text{eff}}(\text{TWODIM}) = 9,42780 \times 10^{-1}$$

C	$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES
0,10	$9,42875 \times 10^{-1}$	$1,01517 \times 10^{-2}$	61
0,15	$9,42903 \times 10^{-1}$	$1,31309 \times 10^{-2}$	58
0,20	$9,42748 \times 10^{-1}$	$3,32652 \times 10^{-3}$	58
0,25	$9,42687 \times 10^{-1}$	$9,76409 \times 10^{-3}$	148
0,30	$9,42913 \times 10^{-1}$	$1,41715 \times 10^{-2}$	308
0,35	$9,42831 \times 10^{-1}$	$5,42834 \times 10^{-3}$	285
0,40	$9,42788 \times 10^{-1}$	$8,95212 \times 10^{-4}$	75
0,45	$9,43024 \times 10^{-1}$	$2,59646 \times 10^{-2}$	140
0,50	$9,42702 \times 10^{-1}$	$8,19482 \times 10^{-3}$	276
0,55	$9,42331 \times 10^{-1}$	$4,75509 \times 10^{-2}$	169
0,60	$9,43540 \times 10^{-1}$	$8,07018 \times 10^{-2}$	04
0,65	$9,43731 \times 10^{-1}$	$1,00936 \times 10^{-1}$	21
0,70	$9,41110 \times 10^{-1}$	$1,77077 \times 10^{-1}$	147
0,71	-	-	não converge
0,72	$9,45102 \times 10^{-1}$	$2,46386 \times 10^{-1}$	333
0,73	$9,41920 \times 10^{-1}$	$9,11794 \times 10^{-2}$	476
0,74-0,75	-	-	não converge
0,76	$9,44184 \times 10^{-1}$	$1,49010 \times 10^{-1}$	172
0,77	-	-	não converge
0,78	$9,42119 \times 10^{-1}$	$7,00870 \times 10^{-2}$	82
0,79-0,82	-	-	não converge
0,83	$9,38548 \times 10^{-1}$	$4,48808 \times 10^{-1}$	154
0,84-0,85	-	-	não converge
0,86	$9,55164 \times 10^{-1}$	1,31366	343
0,87	$9,44619 \times 10^{-1}$	$1,95142 \times 10^{-1}$	266
0,88	$9,33711 \times 10^{-1}$	$9,61920 \times 10^{-1}$	147
0,89-0,99	-	-	não converge
1,00	-	-	erro de execução

Tabela ( C.7) - Teste do Algoritmo de Ortogonalização das Funções-Teste para Síntese Contínua

$$k_{\text{eff}}(\text{TWODIM}) = 9,42780 \times 10^{-1}$$

SÍNTESE	CASO	$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES	PROCESSADOR (s)	MEMÓRIA (Kwd)
Contínua Diferencial	7A	$9,42745 \times 10^{-1}$	$3,72794 \times 10^{-3}$	14	13	392
	8A	$9,42745 \times 10^{-1}$	$3,72784 \times 10^{-3}$	14	12	396
Contínua Matricial	7A	$9,42722 \times 10^{-1}$	$6,18457 \times 10^{-3}$	14	13	407
	8A	$9,42722 \times 10^{-1}$	$6,18390 \times 10^{-3}$	14	14	374

Tabela ( C .8) - Variação nas Dimensões dos Códornos da Síntese  
Pseudo-Contínua

Caso 2A

$$k_{eff}(CITATION) = 1,13346$$

NÚMERO DE MALHAS			$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES
COD. 1	COD. 2	COD. 3			
2	26	2	1,11495	1,63309	64
3	24	3	1,11706	1,44697	63
4	22	4	1,11931	1,24846	63
5	20	5	1,12166	1,04106	62
6	18	6	1,12407	$8,28501 \times 10^{-1}$	62
7	16	7	1,12649	$6,15138 \times 10^{-1}$	61
8	14	8	1,12887	$4,05085 \times 10^{-1}$	60
9	12	9	1,13117	$2,02392 \times 10^{-1}$	59
10	10	10	1,13334	$1,08658 \times 10^{-2}$	58
11	8	11	1,13534	$1,66010 \times 10^{-1}$	57
12	6	12	1,13715	$3,25381 \times 10^{-1}$	56
13	4	13	1,13875	$4,66093 \times 10^{-1}$	55
14	2	14	1,13995	$5,71891 \times 10^{-1}$	55

Tabela (C.8) - Variação nas Dimensões dos Codomínios da Síntese Pseudo-Contínua

Caso 2A(1/8)

$$k_{eff}(TWODIM) = 2,90020 \times 10^{-1}$$

NÚMERO DE MALHAS			$k_{eff}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES
COD. 1	COD. 2	COD. 3			
2	26	2	$3,12903 \times 10^{-1}$	7,89025	13
3	24	3	$3,12891 \times 10^{-1}$	7,88592	13
4	22	4	$3,12729 \times 10^{-1}$	7,83030	12
5	20	5	$3,12392 \times 10^{-1}$	7,71381	12
6	18	6	$3,11853 \times 10^{-1}$	7,52813	12
7	16	7	$3,11099 \times 10^{-1}$	7,26800	13
8	14	8	$3,10117 \times 10^{-1}$	6,92947	13
9	12	9	$3,08906 \times 10^{-1}$	6,51180	13
10	10	10	$3,07468 \times 10^{-1}$	6,01602	13
11	8	11	$3,05811 \times 10^{-1}$	5,44488	13
12	6	12	$3,03946 \times 10^{-1}$	4,80170	13
13	4	13	$3,01865 \times 10^{-1}$	4,08432	13
14	2	14	$2,99359 \times 10^{-1}$	3,22014	14

Tabela (C.8) - Variação nas Dimensões dos Codomínios da Síntese Pseudo-Contínua

Caso 4A

$$k_{\text{eff}}(\text{CITATION}) = 1,01409$$

NÚMERO DE MALHAS			$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES
COD. 1	COD. 2	COD. 3			
2	26	2	1,01147	$2,58492 \times 10^{-1}$	103
3	24	3	1,01162	$2,43257 \times 10^{-1}$	104
4	22	4	1,01180	$2,25449 \times 10^{-1}$	104
5	20	5	1,01202	$2,04573 \times 10^{-1}$	104
6	18	6	1,01226	$1,80531 \times 10^{-1}$	104
7	16	7	1,01253	$1,53526 \times 10^{-1}$	104
8	14	8	1,01283	$1,23926 \times 10^{-1}$	105
9	12	9	1,01315	$9,25881 \times 10^{-2}$	105
10	10	10	1,01348	$6,01732 \times 10^{-2}$	105
11	8	11	1,01381	$2,74386 \times 10^{-2}$	105
12	6	12	1,01414	$4,85254 \times 10^{-3}$	104
13	4	13	1,01446	$3,63417 \times 10^{-2}$	104
14	2	14	1,01475	$6,55001 \times 10^{-2}$	104

Tabela ( C.8) - Variação nas Dimensões dos Codomínios da Síntese Pseudo-Contínua

Caso 4A(1/4)

$$k_{\text{eff}}(\text{TWODIM}) = 6,23340 \times 10^{-1}$$

NÚMERO DE MALHAS			$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES
COD. 1	COD. 2	COD. 3			
2	26	2	$6,47465 \times 10^{-1}$	3,87030	20
3	24	3	$6,47322 \times 10^{-1}$	3,84729	20
4	22	4	$6,47028 \times 10^{-1}$	3,80024	20
5	20	5	$6,46555 \times 10^{-1}$	3,72437	20
6	18	6	$6,45879 \times 10^{-1}$	3,61588	20
7	16	7	$6,44982 \times 10^{-1}$	3,47196	20
8	14	8	$6,43853 \times 10^{-1}$	3,29078	20
9	12	9	$6,42485 \times 10^{-1}$	3,07144	20
10	10	10	$6,40880 \times 10^{-1}$	2,81390	20
11	8	11	$6,39041 \times 10^{-1}$	2,51880	20
12	6	12	$6,36970 \times 10^{-1}$	2,18666	20
13	4	13	$6,34650 \times 10^{-1}$	1,81434	20
14	2	14	$6,31800 \times 10^{-1}$	1,35718	21

Tabela (C.8) - Variação nas Dimensões dos Codomínios da Síntese Pseudo-Contínua

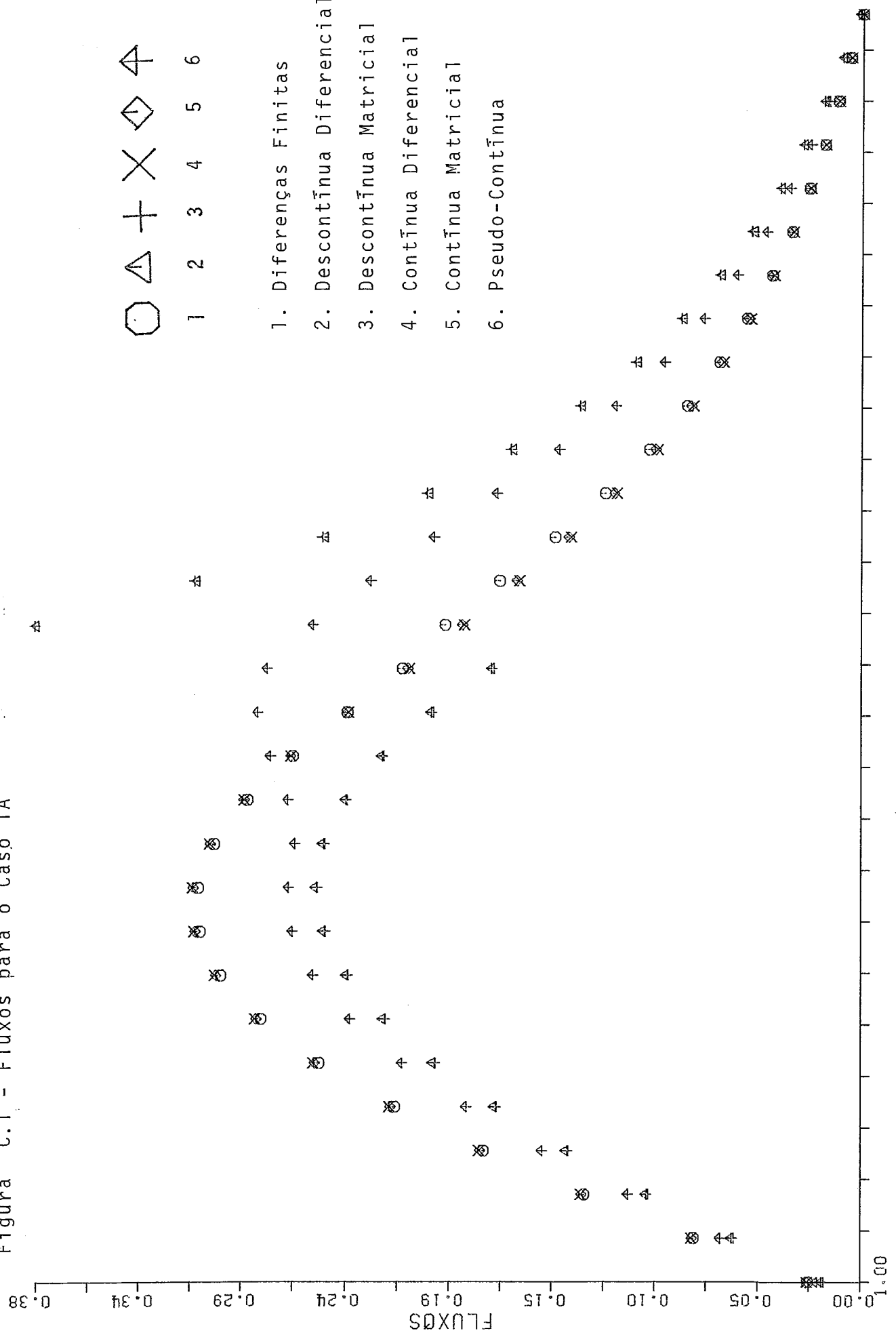
Caso 4A(1/8)

$$k_{\text{eff}}(\text{TWODIM}) = 2,88810 \times 10^{-1}$$

NÚMERO DE MALHAS			$k_{\text{eff}}$	ERRO %	NÚMERO DE ITERAÇÕES
COD. 1	COD. 2	COD. 3			
2	26	2	$3,13512 \times 10^{-1}$	8,55989	13
3	24	3	$3,13345 \times 10^{-1}$	8,49503	13
4	22	4	$3,13012 \times 10^{-1}$	8,37997	13
5	20	5	$3,12481 \times 10^{-1}$	8,19611	13
6	18	6	$3,11726 \times 10^{-1}$	7,93455	13
7	16	7	$3,10728 \times 10^{-1}$	7,58915	13
8	14	8	$3,09479 \times 10^{-1}$	7,15650	13
9	12	9	$3,07975 \times 10^{-1}$	6,63588	13
10	10	10	$3,06223 \times 10^{-1}$	6,02911	13
11	8	11	$3,04233 \times 10^{-1}$	5,34011	13
12	6	12	$3,02019 \times 10^{-1}$	4,57355	13
13	4	13	$2,99577 \times 10^{-1}$	3,72806	13
14	2	14	$2,96683 \times 10^{-1}$	2,72590	14

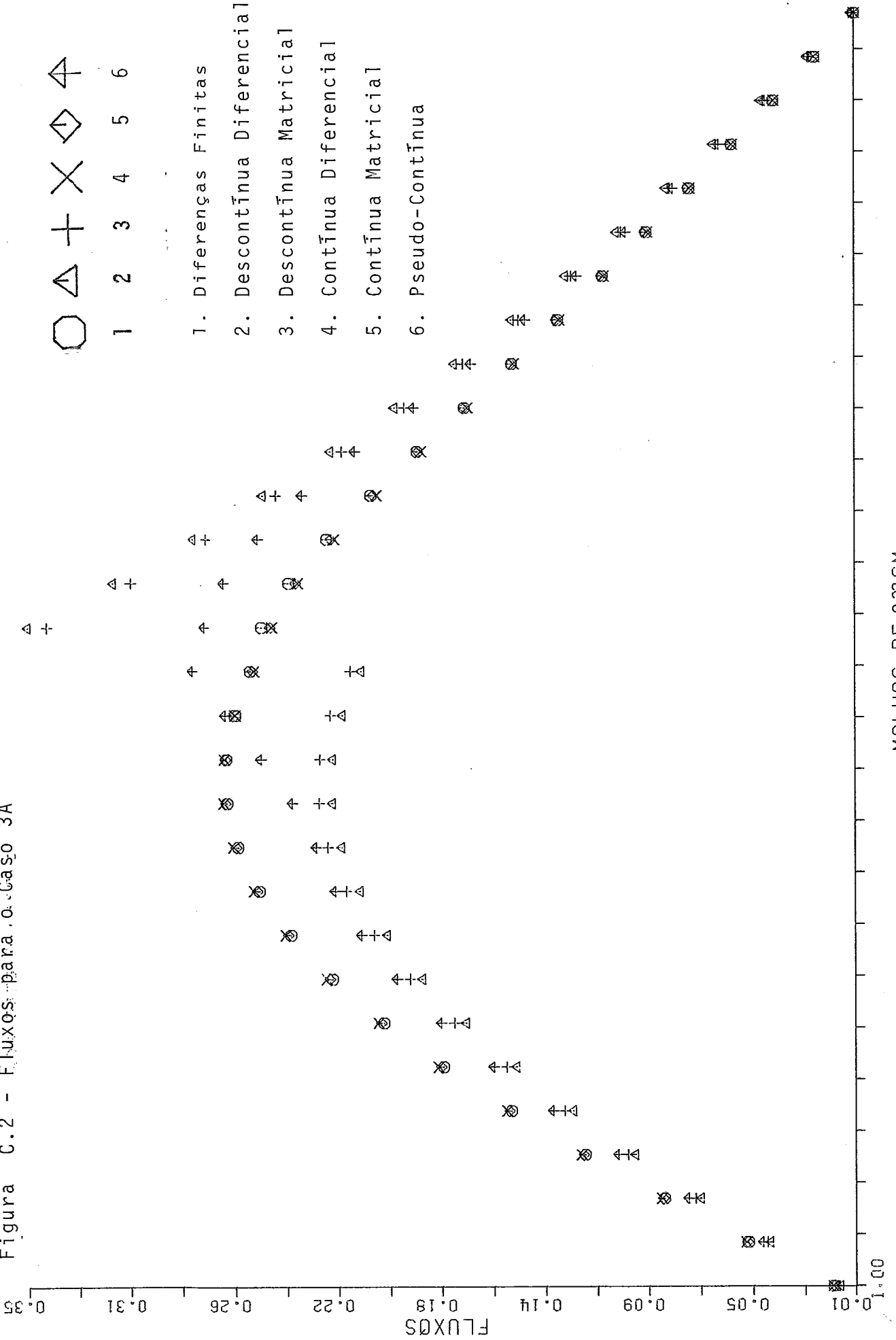


Figura C.1 - Fluxos para o Caso 1A



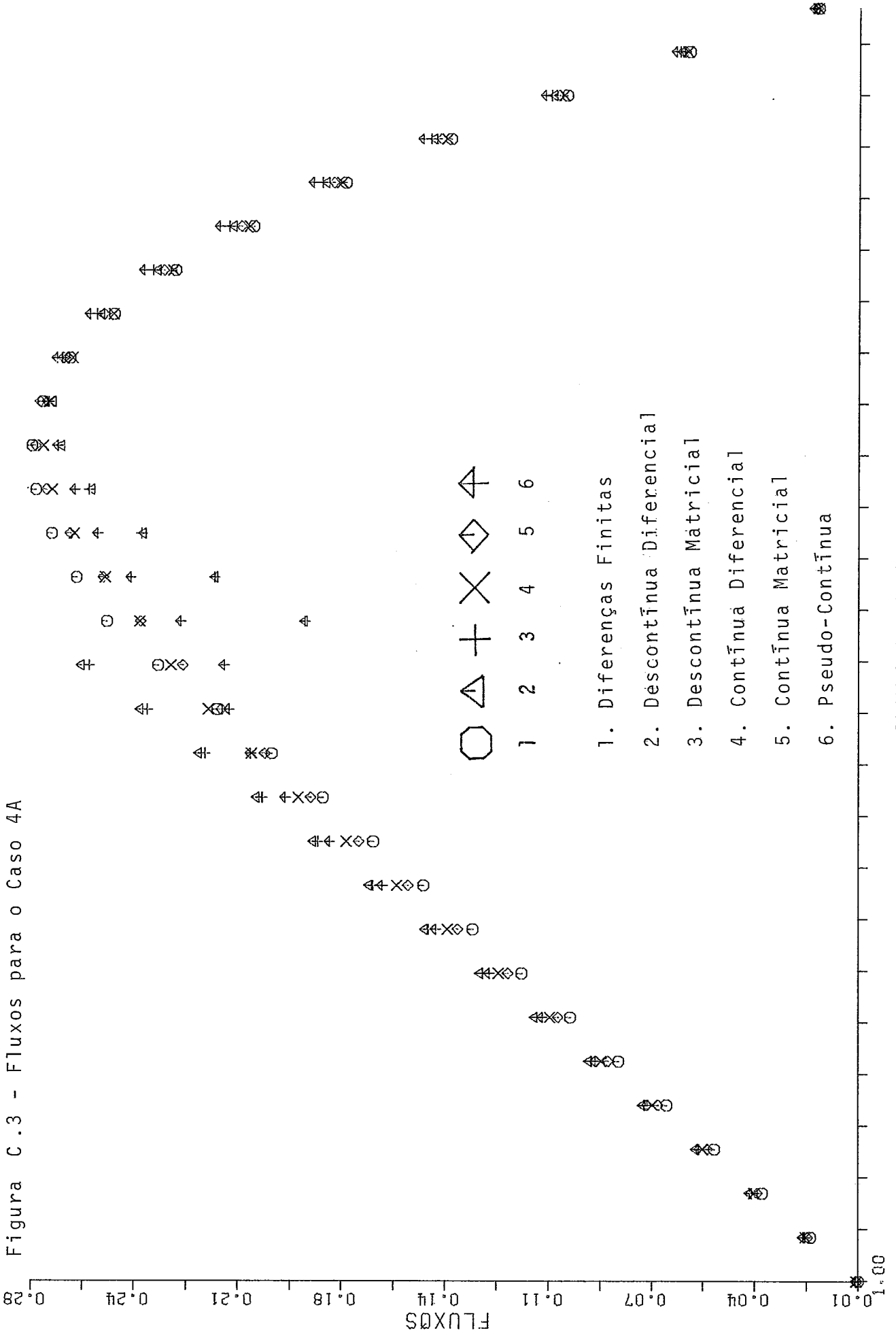
MALHAS DE 2 CM

Figura C.2 - Fluxos para o Caso 3A



MALHAS DE 0,33 CM

Figura C.3 - Fluxos para o Caso 4A



MALHAS DE 2 CM

Figura C.4 - Variação do Autovalor com a Constante de Normalização

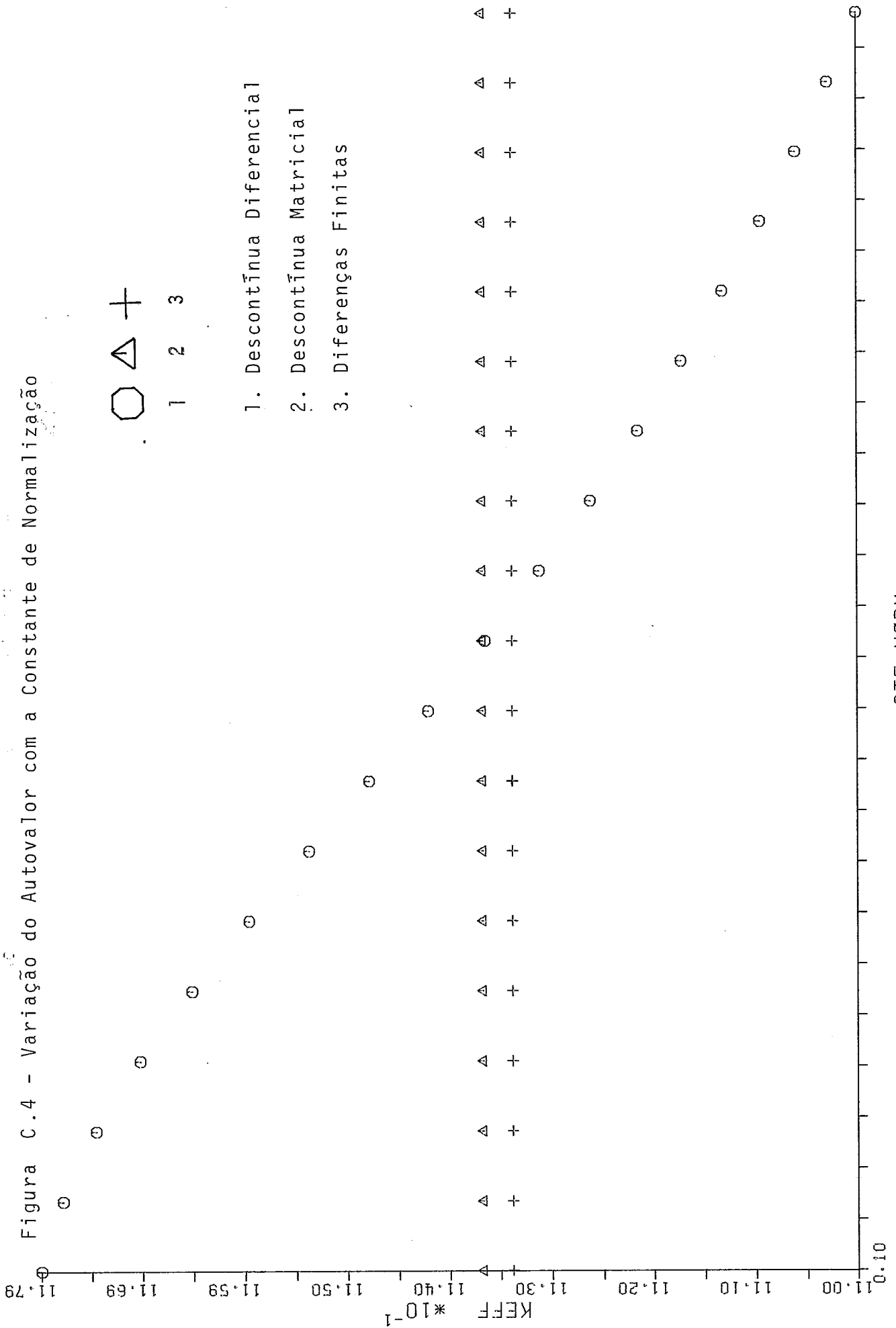
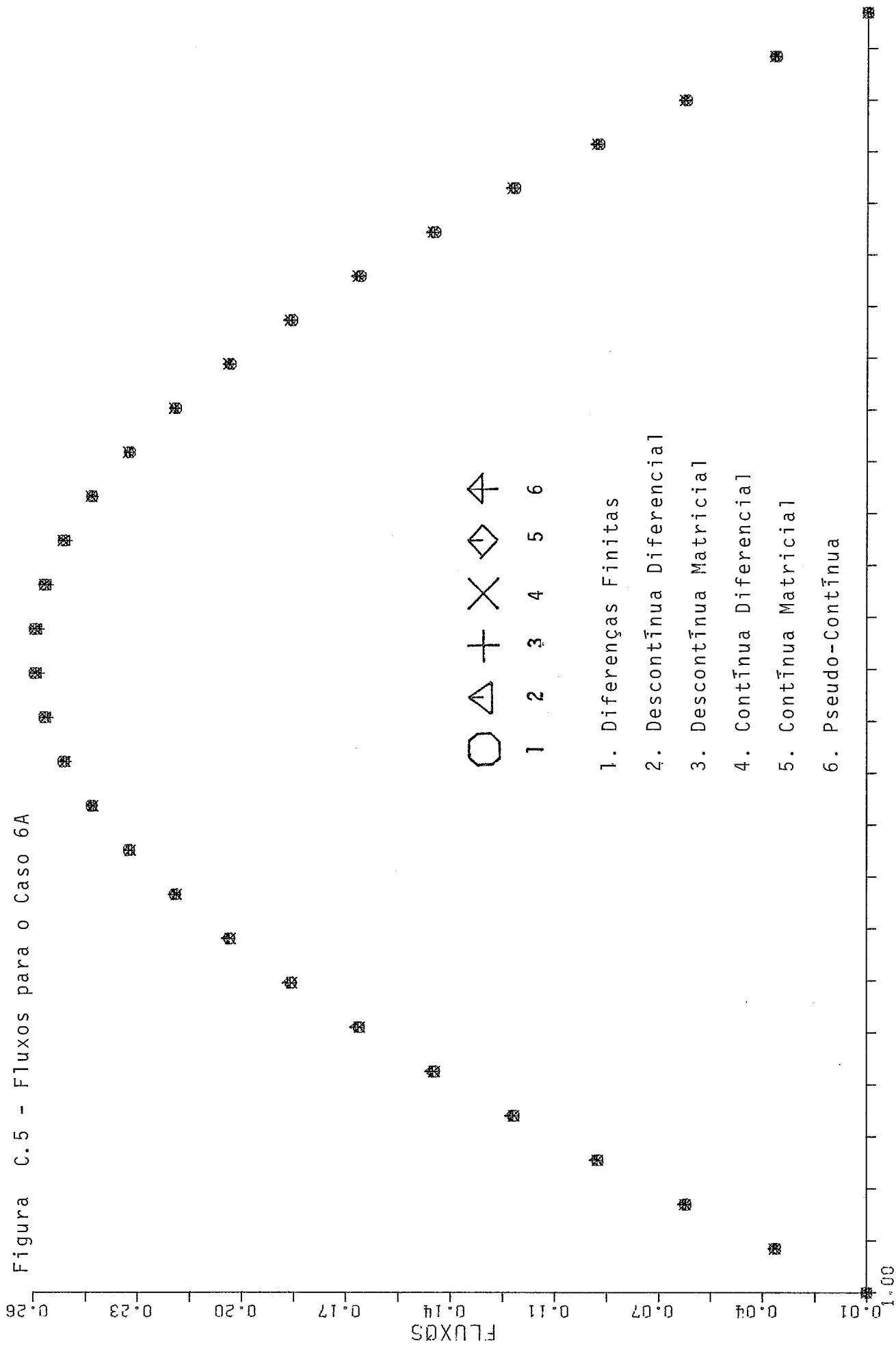


Figura C.5 - Fluxos para o Caso 6A



MALHAS DE 2 CM

APÊNDICE D

PROGRAMAS

DESCONTINUA DIFERENCIAL

```
SUBROUTINE UMD(A,C,S,F,SN,B,R,INT,XK,N)
DIMENSION A(N,N),C(N),F(N),S(N),SN(N),R(N),B(N)
MAX=180
XK=0.
ERRO=1.000E-06
SOMA=0.
DO 69 I=1,N
F(I)=(I-1)*(N-I)
69 SOMA=SOMA+F(I)*F(I)
SNOR=SQRT(SOMA)
DO 70 I=1,N
70 F(I)=F(I)/SNOR
WRITE(6,16)(I,F(I),I=1,N)
16 FORMAT(/,10X,'F(',I2,')=',E12.5)
C INVERSAO DA MATRIZ POR ELIM.DE GAUSS
B(1)=A(1,2)/A(1,1)
M=N-1
DO 25 I=2,M
R(I)=A(I,I)-A(I,I-1)*B(I-1)
B(I)=A(I,I+1)/R(I)
25 CONTINUE
R(N)=A(N,N)-A(N,N-1)*B(N-1)
INT=0.
5 XKN=0.
C FONTE E KEFF
DO 1 J=1,N
S(J)=C(J)*F(J)
1 XKN=XKN+S(J)
WRITE(6,888)XKN,INT
888 FORMAT(3X,'KEFF=',1PE12.5,3X,'ITERACAO NUMERO',2X,I3)
C CONVERGENCIA E NUMERO LIMITE DE ITERACOES
IF(ABS(XKN-XK).LT.ERRO)GO TO 8
IF(INT.GT.MAX)GO TO 9
C FONTE NORMALIZADA
DO 2 J=1,N
2 S(J)=S(J)/XKN
C SOLUCAO DO PROBLEMA UM-D,UM-G
SN(1)=S(1)/A(1,1)
DO 29 I=2,N
SN(I)=(S(I)-A(I,I-1)*SN(I-1))/R(I)
29 CONTINUE
F(N)=SN(N)
M=N-1
DO 30 I=1,M
J=N-I
30 F(J)=SN(J)-B(J)*F(J+1)
INT=INT+1
XK=XKN
GO TO 5
8 WRITE(6,18)XK,INT
18 FORMAT(10X,'XK=',E12.5,10X,'INT=',I3)
WRITE(6,19)(I,F(I),I=1,N)
19 FORMAT(10X,'F(',I3,')=',E12.5)
GO TO 10
```

```
9 WRITE(6,20)INT
20 FORMAT(10X,'NAO CONVERGE',10X,I3)
10 RETURN
END
DIMENSION SCAM(30),C(30),D(30),X(2,15),QUAX(15)
DIMENSION SCLM(30),GRADX(15)
DIMENSION AX(30,30),RL(30,30)
DIMENSION F(30),S(30),SN(30),R(30),B(30)
DIMENSION FLUXD(15,30),F1(30),F2(30),DIF(30)
READ(5,60)N,NN,NI,NII
60 FORMAT(4I2)
READ(5,67)(X(1,I),I=1,NI)
67 FORMAT(7E10.3)
READ(5,66)(X(2,I),I=1,NI)
66 FORMAT(7E10.3)
READ(5,68)D1,D2,D3,D4,SCA1,SCA2,SCA3,SCA4
68 FORMAT(8F5.3)
READ(5,61)SCF1,SCF2,SCF3,SCF4
61 FORMAT(4F6.4)
READ(5,62)XCIT
62 FORMAT(F9.7)
READ(5,63)DELX,DELY
63 FORMAT(2F4.2)
READ(5,888)DIV
888 FORMAT(F3.1)
DELY=DELY/DIV
DELX=DELX/DIV
DELX2=DELX+DELX
DELY2=2./DELY
SQ1=0.
SQ2=0.
DO 77 I=1,NI
SQ1=SQ1+X(1,I)*X(1,I)
77 SQ2=SQ2+X(2,I)*X(2,I)
RSQ1=SQRT(SQ1)
RSQ2=SQRT(SQ2)
DO 78 I=1,NI
X(1,I)=X(1,I)/RSQ1
78 X(2,I)=X(2,I)/RSQ2
WRITE(6,201)RSQ1,RSQ2
201 FORMAT(2X,'RSQ1=',E12.5,2X,'RSQ2=',E12.5)
IA=1
KI=1
KN=NN
SA1=SCA1
SF1=SCF1
DP1=D1
SA2=SCA2
SF2=SCF2
DP2=D2
100 DO 2 I=2,NI-1
QUAX(I)=X(IA,I)*X(IA,I)
GRADX(I)=(X(IA,I+1)-X(IA,I-1))/DELX2
2 GRADX(I)=GRADX(I)*GRADX(I)
```



```
QUAX(1)=X(IA,1)*X(IA,1)
QUAX(NI)=X(IA,NI)*X(IA,NI)
GRADX(1)=(X(IA,2)-X(IA,1))/DELX2
GRADX(1)=GRADX(1)*GRADX(1)
GRADX(NI)=(-X(IA,NI)-X(IA,NI-1))/DELX2
GRADX(NI)=GRADX(NI)*GRADX(NI)
DO 1 J=KI,KN
SCAM(J)=0.
C(J)=0.
SCLM(J)=0.
D(J)=0.
SOMA1=0.
SOMA2=0.
SOMA3=0.
SOMA4=0.
DO 3 I=1,NII
SOMA1=SOMA1+DP1*GRADX(I)
SOMA2=SOMA2+SA1*QUAX(I)
SOMA3=SOMA3+SF1*QUAX(I)
3 SOMA4=SOMA4+DP1*QUAX(I)
DO 4 I=NII+1,NI
SOMA1=SOMA1+DP2*GRADX(I)
SOMA2=SOMA2+SA2*QUAX(I)
SOMA3=SOMA3+SF2*QUAX(I)
4 SOMA4=SOMA4+DP2*QUAX(I)
C(J)=C(J)+SOMA3
C(J)=C(J)*DELY
SCAM(J)=SCAM(J)+SOMA2
SCLM(J)=SCLM(J)+SOMA1
1 D(J)=D(J)+SOMA4
C*****TESTE DE RETORNO DO PROGRAMA*****
IF(IA.EQ.2)GO TO 200
IA=2
KI=NN+1
KN=N
SA1=SCA3
SF1=SCF3
DP1=D3
SA2=SCA4
SF2=SCF4
DP2=D4
GO TO 100
200 RL1=DELY2*D(1)
RLN=DELY2*D(N)
DO 29 K=2,N-1
RL(K-1,K)=DELY2*(1./(1./D(K)+1./D(K-1)))
29 RL(K+1,K)=DELY2*(1./(1./D(K)+1./D(K+1)))
DO 10 J=1,N
DO 10 JK=1,N
10 A(J,JK)=0.
A(1,1)=RL(1,2)+RL1+DELY*(SCAM(1)+SCLM(1))
A(1,2)=-RL(1,2)
A(2,1)=-RL(1,2)
A(N,N)=RL(N,N-1)+RLN+DELY*(SCAM(N)+SCLM(N))
```

```
DO 20 J=2,N-1
A(J,J)=RL(J-1,J)+RL(J+1,J)+DELY*(SCAM(J)+SCLM(J))
A(J,J+1)=-RL(J+1,J)
20 A(J+1,J)=-RL(J+1,J)
READ(5,889)ICASO
889 FORMAT(I1)
WRITE(6,890)ICASO
890 FORMAT(//,20X,'CASO ',I1,//)
CALL UMD(A,C,S,F,SN,B,R,INT,XK,N)
WRITE(6,110)
WRITE(6,111)
WRITE(6,112)XK,XCIT
WRITE(6,113)
ABSOL=ABS(XK-XCIT)
RELAT=ABSOL/XCIT
PERCT=RELAT*100
WRITE(6,114)ABSOL,RELAT,PERCT
110 FORMAT(/,20X,'COMPARACAO COM RESULTADO DIF. FINITAS KEFF',/
)
111 FORMAT(/,10X,'KEFF DA SINTESE',10X,'KEFF DE DIF. FINITAS',/
)
112 FORMAT(10X,1PE12.5,12X,1PE12.5)
113 FORMAT(/,10X,'ERRO ABSOLUTO',5X,'ERRO RELATIVO',5X,'ERRO
/PERCENTUAL')
114 FORMAT(/,10X,1PE12.5,6X,1PE12.5,5X,1PE12.5//)
WRITE(6,700)
700 FORMAT(/,9X,'***** SINTESE DESCONTINUA *****
*',/)
WRITE(6,701)
701 FORMAT(/,9X,'PARAMETROS MATERIAIS',10X,'MALHAS LIMITROFES',
/)
WRITE(6,702)
702 FORMAT(/,1X,'REGIAO',2X,'SCA',6X,'D',8X,'SCF',9X,'EIXO X',2
X,'EIXO
/Y',/)
WRITE(6,703)SCA1,D1,SCF1,NII,NN
703 FORMAT(/,4X,'1',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,'
1',2X,I
/2)
NA=NII+1
WRITE(6,704)SCA2,D2,SCF2,NA,NI,NN
704 FORMAT(/,4X,'2',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,' 1'
,2X,I2)
NAA=NN+1
WRITE(6,705)SCA3,D3,SCF3,NII,NAA,N
705 FORMAT(/,4X,'3',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,I2
,2X,I2)
WRITE(6,706)SCA4,D4,SCF4,NA,NI,NAA,N
706 FORMAT(/,4X,'4',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,I2,2
X,I2,/)
WRITE(6,707)
707 FORMAT(/,9X,'DIMENSAO DA MALHA',/)
WRITE(6,708)DELX
708 FORMAT(9X,'EM X',2X,F4.2,2X,'CM',/)
```

```
WRITE(6,709)DELY
709 FORMAT(9X,'EM Y',2X,F4.2,2X,'CM',//)
DO 507 I=1,NI
DO 507 J=1,NN
507 FLUX0(I,J)=X(1,I)*F(J)
DO 508 I=1,NI
DO 508 J=NN+1,N
508 FLUX0(I,J)=X(2,I)*F(J)
WRITE(6,602)
602 FORMAT(/,20X,'1',13X,'2',13X,'3',13X,'4',13X,'5',13X,'6',/)
DO 603 I=1,NI
WRITE(6,604)I,(FLUX0(I,J),J=1,6)
604 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
603 CONTINUE
WRITE(6,605)
605 FORMAT(/,20X,'7',13X,'8',13X,'9',12X,'10',12X,'11',12X,'12'
,/)
DO 606 I=1,NI
WRITE(6,607)I,(FLUX0(I,J),J=7,12)
607 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
606 CONTINUE
WRITE(6,608)
608 FORMAT(/,19X,'13',12X,'14',12X,'15',12X,'16',12X,'17',12X,'
18',/)
DO 609 I=1,NI
WRITE(6,610)I,(FLUX0(I,J),J=13,18)
610 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
609 CONTINUE
WRITE(6,620)
620 FORMAT(/,19X,'19',12X,'20',12X,'21',12X,'22',12X,'23',12X,'
24',/)
DO 621 I=1,NI
WRITE(6,622)I,(FLUX0(I,J),J=19,24)
622 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
621 CONTINUE
WRITE(6,623)
623 FORMAT(/,19X,'25',12X,'26',12X,'27',12X,'28',12X,'29',12X,'
30',/)
DO 624 I=1,NI
WRITE(6,625)I,(FLUX0(I,J),J=25,30)
625 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
624 CONTINUE
STOP
END
```

DESCONTINUA MATRICIAL

```
SUBROUTINE UMD(A,C,S,F,SN,B,R,INT,XK,N)
DIMENSION A(N,N),C(N),F(N),S(N),SN(N),R(N),B(N)
MAX=180
XK=0.
ERRO=1.000E-06
SOMA=0.
DO 69 I=1,N
F(I)=(I-1)*(N-I)
69 SOMA=SOMA+F(I)*F(I)
SNDR=SQRT(SOMA)
DO 70 I=1,N
70 F(I)=F(I)/SNDR
WRITE(6,16)(I,F(I),I=1,N)
16 FORMAT(/,10X,'F(',I2,')=' ,E12.5)
C INVERSAO DA MATRIZ POR ELIM. DE GAUSS
B(1)=A(1,2)/A(1,1)
M=N-1
DO 25 I=2,M
R(I)=A(I,I)-A(I,I-1)*B(I-1)
B(I)=A(I,I+1)/R(I)
25 CONTINUE
R(N)=A(N,N)-A(N,N-1)*B(N-1)
INT=0.
5 XKN=0.
C FONTE E KEFF
DO 1 J=1,N
S(J)=C(J)*F(J)
1 XKN=XKN+S(J)
WRITE(6,888)XKN,INT
888 FORMAT(3X,'KEFF=' ,1PE12.5,3X,'ITERACAO NUMERO',2X,I3)
C CONVERGENCIA E NUMERO LIMITE DE ITERACOES
IF(ABS(XKN-XK).LT.ERRO)GO TO 8
IF(INT.GT.MAX)GO TO 9
C FONTE NORMALIZADA
DO 2 J=1,N
2 S(J)=S(J)/XKN
C SOLUCAO DO PROBLEMA UM-0,UM-G
SN(1)=S(1)/A(1,1)
DO 29 I=2,N
SN(I)=(S(I)-A(I,I-1)*SN(I-1))/R(I)
29 CONTINUE
F(N)=SN(N)
M=N-1
DO 30 I=1,M
J=N-I
30 F(J)=SN(J)-B(J)*F(J+1)
INT=INT+1
XK=XKN
GO TO 5
8 WRITE(6,18)XK,INT
18 FORMAT(10X,'XK=' ,E12.5,10X,'INT=' ,I3)
WRITE(6,19)(I,F(I),I=1,N)
19 FORMAT(10X,'F(',I3,')=' ,E12.5)
GO TO 10
```

```
9 WRITE(6,20)INT
20 FORMAT(10X,'NAO CONVERGE',10X,I3)
10 RETURN
END
DIMENSION A(30,30),C(30),RLT(30),RLJ(30,30),RLS(3),PROD(15)
DIMENSION SCAM(30),SCA(15,30),D(15,30),SCF(15,30)
DIMENSION SN(30),S(30),B(30),F(30),R(30),X(2,15)
DIMENSION FLUXD(15,30)
READ(5,60)N,NN,NI,NII
60 FORMAT(4I2)
READ(5,67)(X(1,I),I=1,NI)
67 FORMAT(7E10.3)
READ(5,66)(X(2,I),I=1,NI)
66 FORMAT(7E10.3)
READ(5,68)D1,D2,D3,D4,SCA1,SCA2,SCA3,SCA4
68 FORMAT(9F5.3)
READ(5,61)SCF1,SCF2,SCF3,SCF4
61 FORMAT(4F6.4)
READ(5,62)XCII
62 FORMAT(F9.7)
SQ1=0.
SQ2=0.
DO 77 I=1,NI
SQ1=SQ1+X(1,I)*X(1,I)
77 SQ2=SQ2+X(2,I)*X(2,I)
RSQ1=SQRT(SQ1)
RSQ2=SQRT(SQ2)
DO 78 I=1,NI
X(1,I)=X(1,I)/RSQ1
78 X(2,I)=X(2,I)/RSQ2
WRITE(6,205)(I,X(1,I),I,X(2,I),I=1,NI)
205 FORMAT(2X,'X1(',I2,')='',E12.5,2X,'X2(',I2,')='',E12.5)
WRITE(6,206)RSQ1,RSQ2
206 FORMAT(2X,'RSQ1='',E12.5,2X,'RSQ2='',E12.5)
READ(5,63)DELX,DELY
63 FORMAT(2F4.2)
READ(5,888)DIV
888 FORMAT(F3.1)
DELX=DELX/DIV
DELY=DELY/DIV
READ(5,890)ICASC
890 FORMAT(I1)
WRITE(6,700)
700 FORMAT(/,9X,'***** SINTESE DESCONTINUA *****
*,/)
WRITE(6,701)
701 FORMAT(/,9X,'PARAMETROS MATERIAIS',10X,'MALHAS LIMITRFES',
/)
WRITE(6,702)
702 FORMAT(/,1X,'REGIAO',2X,'SCA',6X,'D',8X,'SCF',9X,'EIXO X',2
X,'EIXO
/ Y',/)
WRITE(6,703)SCA1,D1,SCF1,NII,NN
703 FORMAT(/,4X,'1',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,'
```

```

/2)
  NA=NII+1
  WRITE(6,704)SCA2,D2,SCF2,NA,NI,NN
704 FORMAT(/,4X,'2',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,' 1'
,2X,I2)
  NAA=NN+1
  WRITE(6,705)SCA3,D3,SCF3,NII,NAA,N
705 FORMAT(/,4X,'3',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,I2
,2X,I2)
  WRITE(6,706)SCA4,D4,SCF4,NA,NI,NAA,N
706 FORMAT(/,4X,'4',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,I2,2
X,I2,/)
  WRITE(6,707)
707 FORMAT(/,9X,'DIMENSÃO DA MALHA',/)
  WRITE(6,708)DELX
708 FORMAT(9X,'EM X',2X,F4.2,2X,'CM',/)
  WRITE(6,709)DELY
709 FORMAT(9X,'EM Y',2X,F4.2,2X,'CM',//)
  DELX2=2.*DELX/DELX
  DELY2=2.*DELY/DELY
  DXY=DELX*DELY
C****PREPARAÇÃO DOS PARÂMETROS MATERIAIS POR MALHA I,J****
  DO 50 J=1,NN
  DO 51 I=1,NII
  SCA(I,J)=SCA1
  SCF(I,J)=SCF1
  D(I,J)=D1
51 CONTINUE
  DO 52 I=NII+1,NI
  SCA(I,J)=SCA2
  SCF(I,J)=SCF2
52 D(I,J)=D2
50 CONTINUE
  DO 53 J=NN+1,N
  DO 54 I=1,NII
  SCA(I,J)=SCA3
  SCF(I,J)=SCF3
54 D(I,J)=D3
  DO 55 I=NII+1,NI
  SCA(I,J)=SCA4
  SCF(I,J)=SCF4
  D(I,J)=D4
55 CONTINUE
53 CONTINUE
C*****VARIÁVEIS DE CONTROLE DE RETORNO DO PROGRAMA*****
  IA=1
  KI=1
  KN=NN
  KT1=2
  KT2=NN
C*****CÁLCULO DAS FUNÇÕES PESO*****
100 DO 27 I=1,NI
  27 PROD(I)=X(IA,I)*X(IA,I)
C*****CÁLCULO DA SEÇÃO DE CHOQUE DE ABSORÇÃO E MATRIZ DE PRODUÇÃO
```

```
DO 14 J=KI,KN
SCAM(J)=0.
C(J)=0.
DO 21 I=1,NI
SOMA1=PROD(I)*SCA(I,J)
SOMA2=PROD(I)*SCF(I,J)
SCAM(J)=SCAM(J)+SOMA1
C(J)=C(J)+SOMA2
21 CONTINUE
SCAM(J)=SCAM(J)*DXY
C(J)=C(J)*DXY
14 CONTINUE
C*****TESTE PARA CALCULO DE TERMOS DE EXTREMIDADE*****
IF(KI1.NE.2)GO TO 201
KR=2
KS=1
GO TO 200
201 KR=N-1
KS=N
C*****CALCULO DOS TERMOS DE FUGA MEDIOS NA DIRECAO Y*****
200 DO 15 J=KI1,KI2
RLJ(J-1,J)=0.
RLJ(J+1,J)=0.
DO 8 I=1,NI
SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J-1)))*PROD(I)
SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J+1)))*PROD(I)
RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)+SOMA1
RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)+SOMA2
8 CONTINUE
RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)*DELY2
RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)*DELY2
15 CONTINUE
RLJ(KR,KS)=0.
JDIF=KS-KR+2
RLS(JDIF)=0.
DO 2 I=1,NI
SOMA1=(1./(1./D(I,KS)+1./D(I,KR)))*PROD(I)
SOMA2=D(I,KS)*PROD(I)
RLJ(KR,KS)=RLJ(KR,KS)+SOMA1
2 RLS(JDIF)=RLS(JDIF)+SOMA2
RLJ(KR,KS)=RLJ(KR,KS)*DELY2
RLS(JDIF)=RLS(JDIF)*DELY2
C*****TERMOS DE FUGA MEDIOS NA DIRECAO X*****
DO 9 J=KI,KN
RLT(J)=0.
DO 10 I=2,NI-1
PROD1=PROD(I)-X(IA,I)*X(IA,I-1)
PROD2=PROD(I)-X(IA,I)*X(IA,I+1)
SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I-1,J)))*PROD1
SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I+1,J)))*PROD2
RLT(J)=RLT(J)+SOMA1+SOMA2
10 CONTINUE
PROD1=PROD(NI)-X(IA,NI)*X(IA,NI-1)
PROD2=PROD(1)-X(IA,1)*X(IA,2)
```

```
SOMA1=(1./(1./D(NI,J)+1./D(NI-1,J)))*PROD1
SOMA2=(1./(1./D(1,J)+1./D(2,J)))*PRCD2
SOMA4=PROD(NI)*D(NI,J)
RLT(J)=RLT(J)+SOMA1+SOMA2+SOMA4
RLT(J)=RLT(J)*DELX2
9 CONTINUE
C*****CALCULO DO TERMO DE FUGA TOTAL PARA MALHA J****
DO 24 J=KI1,KT2
24 RLT(J)=RLT(J)+SCAM(J)+RLJ(J-1,J)+RLJ(J+1,J)
RLT(KS)=RLT(KS)+SCAM(KS)+RLJ(KR,KS)+RLS(JCIF)
C*****TESTE DE RETORNO DO PROGRAMA*****
IF(IA.EQ.2)GO TO 500
IA=2
KI=NN+1
KN=N
KI1=NN+1
KI2=N-1
GO TO 100
C*****MONTAGEM DA MATRIZ DE DESTRUICAO A*****
C*****ZERANDO A MATRIZ A EM TODAS AS POSICOES*****
500 DO 5 K=1,N
DO 5 J=1,N
A(K,J)=0.
5 CONTINUE
C*****GERANDO TERMOS NAO NULOS*****
A(1,1)=RLT(1)
A(1,2)=-RLJ(2,1)
A(N,N-1)=-RLJ(N-1,N)
A(N,N)=RLT(N)
DO 3 J=2,N-1
A(J,J-1)=-RLJ(J-1,J)
A(J,J)=RLT(J)
A(J,J+1)=-RLJ(J+1,J)
3 CONTINUE
CALL UMD(A,C,S,F,SN,B,R,INT,XK,N)
WRITE(6,110)
WRITE(6,111)
WRITE(6,112)XK,XCIT
WRITE(6,113)
ABSOL=ABS(XK-XCIT)
RELAT=ABSOL/XCIT
PERCT=RELAT*100
WRITE(6,114)ABSOL,RELAT,PERCT
110 FORMAT(/,20X,'COMPARACAO COM RESULTADO DIF. FINITAS KEFF',/
)
111 FORMAT(/,10X,'KEFF DA SINTESE',10X,'KEFF DE DIF. FINITAS',/
)
112 FORMAT(10X,1PE12.5,12X,1PE12.5)
113 FORMAT(/,10X,'ERRO ABSOLUTO',5X,'ERRO RELATIVO',5X,'ERRO PE
RCENTUA
/L')
114 FORMAT(/,10X,1PE12.5,6X,1PE12.5,5X,1PE12.5//)
DO 507 I=1,NI
DO 507 J=1,NN
```



```
507 FLUXO(I,J)=X(1,I)*F(J)
    DO 508 I=1,NI
      DO 508 J=NN+1,N
508 FLUXO(I,J)=X(2,I)*F(J)
    WRITE(6,602)
602 FORMAT(/,20X,'1',13X,'2',13X,'3',13X,'4',13X,'5',13X,'6',/)
    DO 603 I=1,NI
      WRITE(6,604)I,(FLUXO(I,J),J=1,6)
604 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
603 CONTINUE
    WRITE(6,605)
605 FORMAT(/,20X,'7',13X,'8',13X,'9',12X,'10',12X,'11',12X,'12'
,/)
    DO 606 I=1,NI
      WRITE(6,607)I,(FLUXO(I,J),J=7,12)
607 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
606 CONTINUE
    WRITE(6,608)
608 FORMAT(/,19X,'13',12X,'14',12X,'15',12X,'16',12X,'17',12X,'
18',/)
    DO 609 I=1,NI
      WRITE(6,610)I,(FLUXO(I,J),J=13,18)
610 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
609 CONTINUE
    WRITE(6,620)
620 FORMAT(/,19X,'19',12X,'20',12X,'21',12X,'22',12X,'23',12X,'
24',/)
    DO 621 I=1,NI
      WRITE(6,622)I,(FLUXO(I,J),J=19,24)
622 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
621 CONTINUE
    WRITE(6,623)
623 FORMAT(/,19X,'25',12X,'26',12X,'27',12X,'28',12X,'29',12X,'
30',/)
    DO 624 I=1,NI
      WRITE(6,625)I,(FLUXO(I,J),J=25,30)
625 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
624 CONTINUE
    STOP
    END
```

CONTINUA DIFERENCIAL

```
SUBROUTINE MULTD(DE1,DE2,J1,N1,J2,APL,N)
DIMENSION DE1(N,N,2,2),DE2(N,2,2),APL(N,2,2)
DO 1 II=1,2
DO 1 IL=1,2
APL(J1,II,IL)=0.
DO 2 K=1,2
SA=DE1(J1,N1,II,K)*DE2(J2,K,IL)
2 APL(J1,II,IL)=APL(J1,II,IL)+SA
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MULT02(DE1,DE2,J1,N1,J2,APL,N)
DIMENSION DE1(N,N,2,2),DE2(N,2,2),APL(N,2,2)
DO 1 II=1,2
DO 1 IL=1,2
APL(J1,II,IL)=0.
DO 2 K=1,2
SA=DE2(J2,II,K)*DE1(J1,N1,K,IL)
2 APL(J1,II,IL)=APL(J1,II,IL)+SA
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MULT3(SE1,SE2,J1,J2,SS,N)
DIMENSION SE1(N,2,2),SE2(N,2,2),SS(N,2,2)
DO 1 II=1,2
DO 1 IL=1,2
SS(J1,II,IL)=0.
DO 2 K=1,2
SA=SE1(J1,II,K)*SE2(J2,K,IL)
2 SS(J1,II,IL)=SS(J1,II,IL)+SA
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MULT2(RE1,RE2,J1,J2,RS,N)
DIMENSION RE1(N,2,2),RE2(N,2),RS(N,2)
DO 1 IL=1,2
RS(J1,IL)=0.
DO 2 K=1,2
2 RS(J1,IL)=RS(J1,IL)+RE1(J1,IL,K)*RE2(J2,K)
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE INV0(DE,DS,JJ,N)
DIMENSION DE(N,2,2),DS(N,2,2)
DEN=DE(JJ,1,1)*DE(JJ,2,2)-DE(JJ,1,2)*DE(JJ,2,1)
DS(JJ,1,1)=DE(JJ,2,2)/DEN
DS(JJ,2,2)=DE(JJ,1,1)/DEN
DS(JJ,1,2)=-DE(JJ,1,2)/DEN
DS(JJ,2,1)=-DE(JJ,2,1)/DEN
RETURN
END
SUBROUTINE UMD(A,C,F,N,INT,XK,S,SN,B,R,A1,AP,DS,AS)
DIMENSION A(N,N,2,2),C(N,2,2),F(N,2)
DIMENSION S(N,2),SN(N,2),B(N,2,2),R(N,2,2)
```

```
DIMENSION A1(1,1,2,2),AP(N,2,2),DS(N,2,2),AS(N,2)
MAX=180
XK=0.
ERRO=1.000E-06
SOM=0.
DO 69 I=1,N
F(I,1)=(I-1)*(N-I)
F(I,2)=F(I,1)
69 SOM=SOM+F(I,1)*F(I,1)
SNOR=SQRT(SOM)
DO 70 I=1,N
F(I,1)=F(I,1)/SNOR
70 F(I,2)=F(I,2)/SNOR
16 FORMAT(/,10X,'F(',I2,',1)=' ,1PE13.6,10X,'F(',I2,',2)=' ,1PE1
3.6)
C INVERSAG DA MATRIZ POR ELIM. DE GAUSS
DEN=A(1,1,1,1)*A(1,1,2,2)-A(1,1,1,2)*A(1,1,2,1)
A1(1,1,2,2)=A(1,1,1,1)/DEN
A1(1,1,1,1)=A(1,1,2,2)/DEN
A1(1,1,1,2)=-A(1,1,1,2)/DEN
A1(1,1,2,1)=-A(1,1,2,1)/DEN
DO 99 II=1,2
DO 99 IL=1,2
B(1,II,IL)=0.
DO 98 K=1,2
SA=A1(1,1,II,K)*A(1,2,K,IL)
98 B(1,II,IL)=B(1,II,IL)+SA
99 CONTINUE
M=N-1
DO 25 I=2,M
IJ=I-1
CALL MULTD(A,B,I,IJ,IJ,AP,N)
DO 4 IA=1,2
DO 4 IB=1,2
4 R(I,IA,IB)=A(I,I,IA,IB)-AP(I,IA,IB)
CALL INVDR(DS,I,N)
IJ=I+1
CALL MULTD2(A,DS,I,IJ,I,B,N)
25 CONTINUE
IN=N-1
CALL MULTD(A,B,N,IN,IN,AP,N)
DO 7 IA=1,2
DO 7 IB=1,2
7 R(N,IA,IB)=A(N,N,IA,IB)-AP(N,IA,IB)
INT=0.
5 XKN=0.
C FONTE E KEFF
DO 1 J=1,N
S(J,1)=C(J,1,1)*F(J,1)+C(J,1,2)*F(J,2)
S(J,2)=C(J,2,1)*F(J,1)+C(J,2,2)*F(J,2)
1 XKN=XKN+S(J,1)+S(J,2)
WRITE(6,100)XKN,INT
100 FORMAT(10X,'XKN=' ,1PE13.6,10X,' ITERACAO NO.' ,1X,I3)
C CONVERGENCIA E NUMERO LIMITE DE ITERACOES
```

```
IF(ABS(XKN-XK).LT.ERRO)GO TO 8
IF(INT.GT.MAX)GO TO 9
C FONTE NORMALIZADA
DO 2 J=1,N
S(J,1)=S(J,1)/XKN
2 S(J,2)=S(J,2)/XKN
C SOLUCAO DO PROBLEMA UM-D,UM-G
SN(1,1)=A1(1,1,1,1)*S(1,1)+A1(1,1,1,2)*S(1,2)
SN(1,2)=A1(1,1,2,1)*S(1,1)+A1(1,1,2,2)*S(1,2)
DO 29 I=2,N
AS(I-1,1)=A(I,I-1,1,1)*SN(I-1,1)+A(I,I-1,1,2)*SN(I-1,2)
AS(I-1,2)=A(I,I-1,2,1)*SN(I-1,1)+A(I,I-1,2,2)*SN(I-1,2)
SN(I,1)=S(I,1)-AS(I-1,1)
SN(I,2)=S(I,2)-AS(I-1,2)
CALL INVD(R,DS,I,N)
CALL MULT2(OS,SN,I,I,AS,N)
SN(I,1)=AS(I,1)
SN(I,2)=AS(I,2)
29 CONTINUE
F(N,1)=SN(N,1)
F(N,2)=SN(N,2)
M=N-1
DO 30 I=1,M
J=N-I
JN=J+1
CALL MULT2(B,F,J,JN,AS,N)
F(J,1)=SN(J,1)-AS(J,1)
F(J,2)=SN(J,2)-AS(J,2)
30 CONTINUE
40 INT=INT+1
XK=XKN
GO TO 5
8 WRITE(6,18)XK,INT
18 FORMAT(10X,'XK=',E12.5,10X,'INT=',I3)
WRITE(6,19)(J,F(J,1),J,F(J,2),J=1,N)
19 FORMAT(10X,'F(',I2,',1)=' ,1PE13.6,10X,'F(',I2,',2)=' ,1PE13.
6)
GO TO 10
9 WRITE(6,20)INT
20 FORMAT(10X,'NAO CONVERGE',10X,'ITERACAO',1X,I3)
10 RETURN
END
DIMENSION FLUXO(15,30)
DIMENSION SCAM(30,2,2),SCFM(30,2,2),DC(30,2,2),X1(15),X2(15)
DIMENSION A(30,30,2,2),CC(30,2,2),F(30,2)
DIMENSION SCLM(30,2,2),GRADX1(15),GRADX2(15)
DIMENSION S(30,2),SN(30,2),R(30,2,2),B(30,2,2)
DIMENSION A1(1,1,2,2),AP(30,2,2),DS(30,2,2),DB(30,2,2),AS(3
0,2)
DIMENSION RL(30,30,2,2),RL1(2,2),RL30(2,2)
DIMENSION SOMA(30,2,2)
READ(5,60)N,NN,NI,NII
60 FORMAT(4I2)
READ(5,67)(X1(I),I=1,NI)
```

```
67 FORMAT(7E10.3)
   READ(5,66)(X2(I),I=1,NI)
68 FORMAT(7E10.3)
   READ(5,68)D1,D2,D3,D4,SCA1,SCA2,SCA3,SCA4
69 FORMAT(8F5.3)
   READ(5,61)SCF1,SCF2,SCF3,SCF4
61 FORMAT(4F6.4)
   READ(5,62)XCIT
62 FORMAT(F9.7)
   SQ1=0.
   SQ2=0.
   DO 77 I=1,NI
   SQ1=SQ1+X1(I)*X1(I)
77 SQ2=SQ2+X2(I)*X2(I)
   RSQ1=SQRT(SQ1)
   RSQ2=SQRT(SQ2)
   DO 78 I=1,NI
   X1(I)=X1(I)/RSQ1
78 X2(I)=X2(I)/RSQ2
   WRITE(6,200)(I,X1(I),I,X2(I),I=1,15)
200 FORMAT(2X,'X1(',I2,')=' ,E12.5,2X,'X2(',I2,')=' ,E12.5)
201 FORMAT(2X,'RSQ1=' ,E12.5,2X,'RSQ2=' ,E12.5)
   READ(5,63)DELX,DELY
63 FORMAT(2F4.2)
   READ(5,888)DIV
888 FORMAT(F3.1)
   DELX=DELX/DIV
   DELY=DELY/DIV
   READ(5,890)ICASO
890 FORMAT(I1)
   DELX2=DELX+DELX
   DELY2=2./DELY
   DO 1 J=1,N
   SCA110=0.
   SCA120=0.
   SCA210=0.
   SCA220=0.
   SCF110=0.
   SCF120=0.
   SCF210=0.
   SCF220=0.
   SCL110=0.
   SCL120=0.
   SCL210=0.
   SCL220=0.
   DAU110=0.
   DAU120=0.
   DAU210=0.
   DAU220=0.
   DO 2 I=1,NI
   IF(J.GT.NN)GO TO 40
30 IF(I.EQ.1)GO TO 31
   IF(I.EQ.NI)GO TO 32
   GRADX1(I)=(X1(I+1)-X1(I-1))/DELX2
```

```
GRADX2(I)=(X2(I+1)-X2(I-1))/DELX2
GO TO 33
31 GRADX1(I)=(X1(I+1)-X1(I))/DELX2
GRADX2(I)=(X2(I+1)-X2(I))/DELX2
GO TO 3
32 GRADX1(I)=(-X1(I)-X1(I-1))/DELX2
GRADX2(I)=(-X2(I)-X2(I-1))/DELX2
GO TO 4
33 IF(I.GT.NII)GO TO 4
3 SCA=SCA1
DJ=D1
SCF=SCF1
GO TO 12
4 SCA=SCA2
DJ=D2
SCF=SCF2
GO TO 12
40 IF(I.EQ.1)GO TO 41
IF(I.EQ.NI)GO TO 42
GRADX1(I)=(X1(I+1)-X1(I-1))/DELX2
GRADX2(I)=(X2(I+1)-X2(I-1))/DELX2
GO TO 43
41 GRADX1(I)=(X1(I+1)-X1(I))/DELX2
GRADX2(I)=(X2(I+1)-X2(I))/DELX2
GO TO 13
42 GRADX1(I)=(-X1(I)-X1(I-1))/DELX2
GRADX2(I)=(-X2(I)-X2(I-1))/DELX2
GO TO 8
43 IF(I.GT.NII)GO TO 8
13 SCA=SCA3
DJ=D3
SCF=SCF3
GO TO 12
8 SCA=SCA4
SCF=SCF4
DJ=D4
12 QUAX11=X1(I)*X1(I)
QUAX12=X1(I)*X2(I)
QUAX21=QUAX12
QUAX22=X2(I)*X2(I)
SCL11=DJ*GRADX1(I)*GRADX1(I)
SCL12=DJ*GRADX1(I)*GRADX2(I)
SCL21=SCL12
SCL22=DJ*GRADX2(I)*GRADX2(I)
SCA11=SCA*QUAX11
SCA12=SCA*QUAX12
SCA21=SCA12
SCA22=SCA*QUAX22
DAU11=DJ*QUAX11
DAU12=DJ*QUAX12
DAU21=DAU12
DAU22=DJ*QUAX22
SCF11=SCF*QUAX11
SCF12=SCF*QUAX12
```

```
SCF21=SCF12
SCF22=SCF*QUAX22
SCA110=SCA110+SCA11
SCA120=SCA120+SCA12
SCA210=SCA210+SCA21
SCA220=SCA220+SCA22
SCL110=SCL110+SCL11
SCL120=SCL120+SCL12
SCL210=SCL210+SCL21
SCL220=SCL220+SCL22
SCF110=SCF110+SCF11
SCF120=SCF120+SCF12
SCF210=SCF210+SCF21
SCF220=SCF220+SCF22
DAU110=DAU110+DAU11
DAU120=DAU120+DAU12
DAU210=DAU210+DAU21
DAU220=DAU220+DAU22
```

2 CONTINUE

```
SCAM(J,1,1)=SCA110
SCAM(J,1,2)=SCA120
SCAM(J,2,1)=SCA210
SCAM(J,2,2)=SCA220
SCLM(J,1,1)=SCL110
SCLM(J,1,2)=SCL120
SCLM(J,2,1)=SCL210
SCLM(J,2,2)=SCL220
SCFM(J,1,1)=SCF110
SCFM(J,1,2)=SCF120
SCFM(J,2,1)=SCF210
SCFM(J,2,2)=SCF220
D(J,1,1)=DAU110
D(J,1,2)=DAU120
D(J,2,1)=DAU210
D(J,2,2)=DAU220
```

1 CONTINUE

```
100 FORMAT(3(1X,'SCAM(',I2,',',I1,',',I1,')=',E13.6))
102 FORMAT(3(1X,'SCFM(',I2,',',I1,',',I1,')=',E13.6))
104 FORMAT(3(1X,'SCLM(',I2,',',I1,',',I1,')=',E13.6))
106 FORMAT(3(1X,'D(',I2,',',I1,',',I1,')=',E13.6))
```

C OPCAO PARA GERACAO DOS TERMOS DE FUGA DO ARQUIVO CONTINUA

```
DO 11 J=2,NN-1
DO 6 IA=1,2
DO 6 IB=1,2
RL(J,J,IA,IB)=D(J,IA,IB)/DELY
RL(J+1,J,IA,IB)=D(J+1,IA,IB)/DELY
```

6 CONTINUE

11 CONTINUE

```
DO 7 J=NN+2,N-1
DO 7 IA=1,2
DO 7 IB=1,2
RL(J,J,IA,IB)=D(J,IA,IB)/DELY
```

7 RL(J+1,J,IA,IB)=D(J+1,IA,IB)/DELY

C APLICACAO DE CONDICAO DE INTERFACE PARA TERMOS DE FUGA

```
C      PARA J=NN
      DO 9 IA=1,2
      DO 9 IB=1,2
      RL(NN,NN,IA,IB)=D(NN,IA,IB)/DELY
9     SOMA(1,IA,IB)=D(NN+1,IA,IB)+D(NN,IA,IB)
      CALL INVD(SOMA,DD,1,N)
      CALL MULT3(DD,D,1,NN+1,SOMA,N)
      CALL MULT3(D,SOMA,NN,1,DD,N)
      DO 25 IA=1,2
      DO 25 IB=1,2
25    RL(NN+1,NN,IA,IB)=DD(NN,IA,IB)*DELY2
C      PARA J=NN+1
      DO 26 IA=1,2
      DO 26 IB=1,2
      RL(NN+2,NN+1,IA,IB)=D(NN+2,IA,IB)/DELY
26    SOMA(2,IA,IB)=D(NN+1,IA,IB)+D(NN,IA,IB)
      CALL INVD(SOMA,DD,2,N)
      CALL MULT3(DD,D,2,NN,SOMA,N)
      CALL MULT3(D,SOMA,NN+1,2,DD,N)
      DO 28 IA=1,2
      DO 28 IB=1,2
28    RL(NN+1,NN+1,IA,IB)=DD(NN+1,IA,IB)*DELY2
      DO 23 IA=1,2
      DO 23 IB=1,2
23    RL(N,N,IA,IB)=D(N,IA,IB)/DELY
C      CONDICAÇÃO DE CONTORNO PRIMEIRA E ÚLTIMA MALHAS
      DO 15 IA=1,2
      DO 15 IB=1,2
      RL1(IA,IB)=DELY2*D(1,IA,IB)
15    RL30(IA,IB)=DELY2*D(N,IA,IB)
C      ZERANDO TODAS AS POSIÇÕES DA MATRIZ A
      DO 16 J=1,N
      DO 16 NJ=1,N
      DO 16 IA=1,2
      DO 16 IB=1,2
16    A(J,NJ,IA,IB)=0.
C      CÁLCULO DE A(1,1), A(1,2), A(2,1), A(N,N)
      DO 17 IA=1,2
      DO 17 IB=1,2
      A(1,1,IA,IB)=RL(2,2,IA,IB)+RL1(IA,IB)+DELY*(SCAM(1,IA,IB)+S
CLM(1,I
      /A,IB))
      A(1,2,IA,IB)=-RL(2,2,IA,IB)
      A(2,1,IA,IB)=-RL(2,2,IA,IB)
17    A(N,N,IA,IB)=RL(N,N,IA,IB)+RL30(IA,IB)+DELY*(SCAM(N,IA,IB)+
SCLM(
      /N,IA,IB))
C      CÁLCULO DOS OUTROS ELEMENTOS DA MATRIZ A
      DO 19 J=2,N-1
      DO 19 IA=1,2
      DO 19 IB=1,2
      A(J,J,IA,IB)=RL(J,J,IA,IB)+RL(J+1,J,IA,IB)+DELY*(SCAM(J,IA,
IB)+SCL
      /M(J,IA,IB))
```



```
A(J,J+1,IA,IB)=-RL(J+1,J,IA,IB)
19 A(J+1,J,IA,IB)=-RL(J+1,J,IA,IB)
DO 22 J=1,N
DO 22 IA=1,2
DO 22 IB=1,2
22 C(J,IA,IB)=DELY*SCFM(J,IA,IB)
CALL UMDXA,C,F,N,INT,XK,S,SN,B,R,A1,AP,DS,AS)
700 WRITE(6,701)
701 FORMAT(/,20X,'PARAMETROS MATERIAIS',10X,'MALHAS LIMITROFES'
,/)
WRITE(6,702)
702 FORMAT(/,12X,'REGIAO',2X,'SCA',6X,'D',8X,'SCF',9X,'EIXO X',
2X,'EIX
/ O Y',/)
WRITE(6,703)SCA1,D1,SCF1,NII,NN
703 FORMAT(/,15X,'1',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,'
1',2X,
/I2)
NA=NII+1
WRITE(6,704)SCA2,D2,SCF2,NA,NI,NN
704 FORMAT(/,15X,'2',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,' 1
',2X,I2
/)
NAA=NN+1
WRITE(6,705)SCA3,D3,SCF3,NII,NAA,N
705 FORMAT(/,15X,'3',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,I
2,2X,I2
/)
WRITE(6,706)SCA4,D4,SCF4,NA,NI,NAA,N
706 FORMAT(/,15X,'4',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,I2,
2X,I2,/)
/)
WRITE(6,707)
707 FORMAT(/,20X,'DIMENSAO DA MALHA',/)
WRITE(6,708)DELX
708 FORMAT(20X,'EM X',2X,F4.2,2X,'CM',/)
WRITE(6,709)DELY
709 FORMAT(20X,'EM Y',2X,F4.2,2X,'CM',/)
WRITE(6,110)
WRITE(6,111)
WRITE(6,112)XK,XCIT
WRITE(6,113)
ABSOL=ABS(XK-XCIT)
RELAT=ABSOL/XCIT
PERCT=RELAT*100
WRITE(6,114)ABSOL,RELAT,PERCT
110 FORMAT(/,20X,'COMPARACAO COM RESULTADO DIF. FINITAS KEFF',/
)
111 FORMAT(/,10X,'KEFF DA SINTESE',10X,'KEFF DE DIF. FINITAS',/
)
112 FORMAT(10X,1PE12.5,12X,1PE12.5)
113 FORMAT(/,10X,'ERRO ABSOLUTO',5X,'ERRO RELATIVO',5X,'ERRO
/PERCENTUAL')
114 FORMAT(/,10X,1PE12.5,6X,1PE12.5,5X,1PE12.5//)
```

```
      DO 500 I=1,NI
      DO 500 J=1,N
500  FLUXO(I,J)=X1(I)*F(J,1)+X2(I)*F(J,2)
C*****IMPRESSAO DOS FLUXOS *****
      WRITE(6,602)
602  FORMAT(/,20X,'1',13X,'2',13X,'3',13X,'4',13X,'5',13X,'6',/)
      DO 603 I=1,NI
      WRITE(6,604)I,(FLUXO(I,J),J=1,6)
604  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
603  CONTINUE
      WRITE(6,605)
605  FORMAT(/,20X,'7',13X,'8',13X,'9',12X,'10',12X,'11',12X,'12',
,/)
      DO 606 I=1,NI
      WRITE(6,607)I,(FLUXO(I,J),J=7,12)
607  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
606  CONTINUE
      WRITE(6,608)
608  FORMAT(/,19X,'13',12X,'14',12X,'15',12X,'16',12X,'17',12X,'
18',/)
      DO 609 I=1,NI
      WRITE(6,610)I,(FLUXO(I,J),J=13,18)
610  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
609  CONTINUE
      WRITE(6,620)
620  FORMAT(/,19X,'19',12X,'20',12X,'21',12X,'22',12X,'23',12X,'
24',/)
      DO 621 I=1,NI
      WRITE(6,622)I,(FLUXO(I,J),J=19,24)
622  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
621  CONTINUE
      WRITE(6,623)
623  FORMAT(/,19X,'25',12X,'26',12X,'27',12X,'28',12X,'29',12X,'
30',/)
      DO 624 I=1,NI
      WRITE(6,625)I,(FLUXO(I,J),J=25,30)
625  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
624  CONTINUE
      STOP
      END
```

CONTINUA MATRICIAL

```
SUBROUTINE MULTD(DE1,DE2,J1,N1,J2,APL,N)
DIMENSION DE1(N,N,2,2),DE2(N,2,2),APL(N,2,2)
DO 1 II=1,2
DO 1 IL=1,2
APL(J1,II,IL)=0.
DO 2 K=1,2
SA=DE1(J1,N1,II,K)*DE2(J2,K,IL)
2 APL(J1,II,IL)=APL(J1,II,IL)+SA
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MULTD2(DE1,DE2,J1,N1,J2,APL,N)
DIMENSION DE1(N,N,2,2),DE2(N,2,2),APL(N,2,2)
DO 1 II=1,2
DO 1 IL=1,2
APL(J1,II,IL)=0.
DO 2 K=1,2
SA=DE2(J2,II,K)*DE1(J1,N1,K,IL)
2 APL(J1,II,IL)=APL(J1,II,IL)+SA
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MULT3(SE1,SE2,J1,J2,SS,N)
DIMENSION SE1(N,2,2),SE2(N,2,2),SS(N,2,2)
DO 1 II=1,2
DO 1 IL=1,2
SS(J1,II,IL)=0.
DO 2 K=1,2
SA=SE1(J1,II,K)*SE2(J2,K,IL)
2 SS(J1,II,IL)=SS(J1,II,IL)+SA
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE MULT2(RE1,RE2,J1,J2,RS,N)
DIMENSION RE1(N,2,2),RE2(N,2),RS(N,2)
DO 1 IL=1,2
RS(J1,IL)=0.
DO 2 K=1,2
2 RS(J1,IL)=RS(J1,IL)+RE1(J1,IL,K)*RE2(J2,K)
1 CONTINUE
RETURN
END
SUBROUTINE INV0(DE,DS,JJ,N)
DIMENSION DE(N,2,2),DS(N,2,2)
DEN=DE(JJ,1,1)*DE(JJ,2,2)-DE(JJ,1,2)*DE(JJ,2,1)
DS(JJ,1,1)=DE(JJ,2,2)/DEN
DS(JJ,2,2)=DE(JJ,1,1)/DEN
DS(JJ,1,2)=-DE(JJ,1,2)/DEN
DS(JJ,2,1)=-DE(JJ,2,1)/DEN
RETURN
END
SUBROUTINE UMD(A,C,F,N,INT,XK,S,SN,B,R,Al,AP,DS,AS)
DIMENSION A(N,N,2,2),C(N,2,2),F(N,2)
DIMENSION S(N,2),SN(N,2),B(N,2,2),R(N,2,2)
```

```
DIMENSION A1(1,1,2,2),AP(N,2,2),DS(N,2,2),AS(N,2)
MAX=180
XK=0.
ERRO=1.000E-06
SOM=0.
DO 69 I=1,N
F(I,1)=(I-1)*(N-I)
F(I,2)=F(I,1)
69 SOM=SOM+F(I,1)*F(I,1)
SNDR=SQRT(SOM)
DO 70 I=1,N
F(I,1)=F(I,1)/SNDR
70 F(I,2)=F(I,2)/SNDR
16 FORMAT(/,10X,'F(',I2,',1)=' ,1PE13.6,10X,'F(',I2,',2)=' ,1PE1
3.6)
C INVERSAC DA MATRIZ POR ELIM.OE GAUSS
DEN=A(1,1,1,1)*A(1,1,2,2)-A(1,1,1,2)*A(1,1,2,1)
A1(1,1,2,2)=A(1,1,1,1)/DEN
A1(1,1,1,1)=A(1,1,2,2)/DEN
A1(1,1,1,2)=-A(1,1,1,2)/DEN
A1(1,1,2,1)=-A(1,1,2,1)/DEN
DO 99 II=1,2
DO 99 IL=1,2
B(1,II,IL)=0.
DO 98 K=1,2
SA=A1(1,1,II,K)*A(1,2,K,IL)
98 B(1,II,IL)=B(1,II,IL)+SA
99 CONTINUE
M=N-1
DO 25 I=2,M
IJ=I-1
CALL MULTD(A,B,I,IJ,IJ,AP,N)
DO 4 IA=1,2
DO 4 IB=1,2
4 R(I,IA,IB)=A(I,I,IA,IB)-AP(I,IA,IB)
CALL INV0(R,DS,I,N)
IJ=I+1
CALL MULTD2(A,DS,I,IJ,I,B,N)
25 CONTINUE
IN=N-1
CALL MULTD(A,B,N,IN,IN,AP,N)
DO 7 IA=1,2
DO 7 IB=1,2
7 R(N,IA,IB)=A(N,N,IA,IB)-AP(N,IA,IB)
INT=0.
5 XKN=0.
C FONTE E KEFF
DO 1 J=1,N
S(J,1)=C(J,1,1)*F(J,1)+C(J,1,2)*F(J,2)
S(J,2)=C(J,2,1)*F(J,1)+C(J,2,2)*F(J,2)
1 XKN=XKN+S(J,1)+S(J,2)
WRITE(6,100)XKN,INT
100 FORMAT(10X,'XKN=' ,1PE13.6,10X,'ITERACAO NO.' ,1X,13)
C CONVERGENCIA E NUMERO LIMITE DE ITERACOES
```

```
IF(ABS(XKN-XK).LT.ERRO)GO TO 8
IF(INT.GT.MAX)GO TO 9
C FONTE NORMALIZADA
DO 2 J=1,N
S(J,1)=S(J,1)/XKN
2 S(J,2)=S(J,2)/XKN
C SOLUCAO DO PROBLEMA UM-D,UM-G
SN(1,1)=A1(1,1,1,1)*S(1,1)+A1(1,1,1,2)*S(1,2)
SN(1,2)=A1(1,1,2,1)*S(1,1)+A1(1,1,2,2)*S(1,2)
DO 29 I=2,N
AS(I-1,1)=A(I,I-1,1,1)*SN(I-1,1)+A(I,I-1,1,2)*SN(I-1,2)
AS(I-1,2)=A(I,I-1,2,1)*SN(I-1,1)+A(I,I-1,2,2)*SN(I-1,2)
SN(I,1)=S(I,1)-AS(I-1,1)
SN(I,2)=S(I,2)-AS(I-1,2)
CALL INVD(R,DS,I,N)
CALL MULT2(DS,SN,I,I,AS,N)
SN(I,1)=AS(I,1)
SN(I,2)=AS(I,2)
29 CONTINUE
F(N,1)=SN(N,1)
F(N,2)=SN(N,2)
M=N-1
DO 30 I=1,M
J=N-I
JN=J+1
CALL MULT2(B,F,J,JN,AS,N)
F(J,1)=SN(J,1)-AS(J,1)
F(J,2)=SN(J,2)-AS(J,2)
30 CONTINUE
40 INT=INT+1
XK=XKN
GO TO 5
8 WRITE(6,18)XK,INT
18 FORMAT(10X,'XK=',E12.5,10X,'INT=',I3)
WRITE(6,19)(J,F(J,1),J,F(J,2),J=1,N)
19 FORMAT(10X,'F(',I2,',1)=' ,1PE13.6,10X,'F(',I2,',2)=' ,1PE13.
6)
GO TO 10
9 WRITE(6,20)INT
20 FORMAT(10X,'NAO CONVERGE',10X,'ITERACAO',1X,I3)
10 RETURN
END
DIMENSION FLUXO(15,30)
DIMENSION SCAM(30,2,2),C(30,2,2),D(15,30),X(2,15)
DIMENSION AC(30,30,2,2),PROD(2,2,15),F(30,2)
DIMENSION SCA(15,30),SCF(15,30)
DIMENSION S(30,2),SN(30,2),R(30,2,2),B(30,2,2)
DIMENSION A1(1,1,2,2),AP(30,2,2),DS(30,2,2),DB(30,2,2),AS(3
0,2)
DIMENSION RLJ(30,30,2,2),RLJ1(2,2),RLJN(2,2),RLI(30,2,2)
DIMENSION SOMA(30,2,2)
READ(5,60)N,NN,NI,NII
60 FORMAT(4I2)
READ(5,67)(X(1,I),I=1,NI)
```

```
67 FORMAT(7E10.3)
   READ(5,66)(X(2,I),I=1,NI)
66 FORMAT(7E10.3)
   READ(5,68)D1,D2,D3,D4,SCA1,SCA2,SCA3,SCA4
68 FORMAT(8F5.3)
   READ(5,61)SCF1,SCF2,SCF3,SCF4
61 FORMAT(4F6.4)
   READ(5,62)XCIT
62 FORMAT(F9.7)
   SQ1=0.
   SQ2=0.
   DO 77 I=1,NI
   SQ1=SQ1+X(1,I)*X(1,I)
77 SQ2=SQ2+X(2,I)*X(2,I)
   RSQ1=SQRT(SQ1)
   RSQ2=SQRT(SQ2)
   DO 78 I=1,NI
   X(1,I)=X(1,I)/RSQ1
78 X(2,I)=X(2,I)/RSQ2
   WRITE(6,200)(I,X(1,I),I,X(2,I),I=1,15)
200 FORMAT(2X,'X1(',I2,')=',E12.5,2X,'X2(',I2,')=',E12.5)
201 FORMAT(2X,'RSQ1=',E12.5,2X,'RSQ2=',E12.5)
   READ(5,63)DELX,DELY
63 FORMAT(2F4.2)
   READ(5,888)DIV
888 FORMAT(F3.1)
   DELX=DELX/DIV
   DELY=DELY/DIV
   READ(5,890)ICASO
890 FORMAT(I1)
   DELX2=2.*DELY/DELX
   DELY2=2.*DELX/DELY
   DXY=DELX*DELY
C****PREPARACAO DOS PARAMETROS MATERIAIS POR MALHA I,J****
   DO 50 J=1,NN
   DO 51 I=1,NII
   SCA(I,J)=SCA1
   SCF(I,J)=SCF1
   D(I,J)=D1
51 CONTINUE
   DO 52 I=NII+1,NI
   SCA(I,J)=SCA2
   SCF(I,J)=SCF2
52 D(I,J)=D2
50 CONTINUE
   DO 53 J=NN+1,N
   DO 54 I=1,NII
   SCA(I,J)=SCA3
   SCF(I,J)=SCF3
54 D(I,J)=D3
   DO 55 I=NII+1,NI
   SCA(I,J)=SCA4
   SCF(I,J)=SCF4
   D(I,J)=D4
```

```
55 CONTINUE
53 CONTINUE
  DO 27 I=1,NI
  DO 27 IA=1,2
  DO 27 IB=1,2
  27 PROD(IA,IB,I)=X(IA,I)*X(IB,I)
C***CALCULO DE SECAO DE CHOQUE DE ABSORCAO MEDIA NA MALHA J***
C***CALCULO DA MATRIZ DE PRODUCAO C***
  DO 14 J=1,N
  DO 14 IA=1,2
  DO 14 IB=1,2
  SCAM(J,IA,IB)=0.
  C(J,IA,IB)=0.
  DO 21 I=1,NI
  SOMA1=PROD(IA,IB,I)*SCA(I,J)
  SOMA2=PROD(IA,IB,I)*SCF(I,J)
  SCAM(J,IA,IB)=SCAM(J,IA,IB)+SOMA1
  21 C(J,IA,IB)=C(J,IA,IB)+SOMA2
  SCAM(J,IA,IB)=SCAM(J,IA,IB)*DXY
  C(J,IA,IB)=C(J,IA,IB)*DXY
  14 CONTINUE
C****TERMS DE FUGA MEDIOS NA DIRECAO Y****
  DO 7 IA=1,2
  DO 7 IB=1,2
  DO 15 J=2,N-1
  RLJ(J-1,J,IA,IB)=0.
  RLJ(J+1,J,IA,IB)=0.
  DO 8 I=1,NI
  SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J-1)))*PROD(IA,IB,I)
  SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J+1)))*PROD(IA,IB,I)
  RLJ(J-1,J,IA,IB)=RLJ(J-1,J,IA,IB)+SOMA1
  RLJ(J+1,J,IA,IB)=RLJ(J+1,J,IA,IB)+SOMA2
  8 CONTINUE
  RLJ(J-1,J,IA,IB)=RLJ(J-1,J,IA,IB)*DELY2
  RLJ(J+1,J,IA,IB)=RLJ(J+1,J,IA,IB)*DELY2
  15 CONTINUE
  RLJ(2,1,IA,IB)=0.
  RLJ(N-1,N,IA,IB)=0.
  RLJ1(IA,IB)=0.
  RLJN(IA,IB)=0.
  DO 2 I=1,NI
  SOMA1=(1./(1./D(I,N)+1./D(I,N-1)))*PROD(IA,IB,I)
  SOMA2=(1./(1./D(I,1)+1./D(I,2)))*PROD(IA,IB,I)
  SOMA3=D(I,1)*PROD(IA,IB,I)
  SOMA4=D(I,N)*PROD(IA,IB,I)
  RLJ(2,1,IA,IB)=RLJ(2,1,IA,IB)+SOMA2
  RLJ(N-1,N,IA,IB)=RLJ(N-1,N,IA,IB)+SOMA1
  RLJ1(IA,IB)=RLJ1(IA,IB)+SOMA3
  2 RLJN(IA,IB)=RLJN(IA,IB)+SOMA4
  RLJ(2,1,IA,IB)=RLJ(2,1,IA,IB)*DELY2
  RLJ(N-1,N,IA,IB)=RLJ(N-1,N,IA,IB)*DELY2
  RLJ1(IA,IB)=RLJ1(IA,IB)*DELY2
  RLJN(IA,IB)=RLJN(IA,IB)*DELY2
  7 CONTINUE
```

C\*\*\*\*\*TERMOS DE FUGA MEDIOS NA DISRECAO X\*\*\*\*\*

```
DO 9 J=1,N
DO 9 IA=1,2
DO 9 IB=1,2
RLT(J,IA,IB)=0.
DO 10 I=2,NI-1
PROD1=X(IA,I)*(X(IB,I)-X(IB,I-1))
PROD2=X(IA,I)*(X(IB,I)-X(IB,I+1))
SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I-1,J)))*PROD1
SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I+1,J)))*PROD2
10 RLT(J,IA,IB)=RLT(J,IA,IB)+SOMA1+SOMA2
PROD1=X(IA,NI)*(X(IB,NI)-X(IB,NI-1))
PROD2=X(IA,1)*(X(IB,1)-X(IB,2))
SOMA1=(1./(1./D(NI,J)+1./D(NI-1,J)))*PROD1
SOMA2=(1./(1./D(1,J)+1./D(2,J)))*PROD2
SOMA3=PROD(IA,IB,NI)*D(NI,J)
RLT(J,IA,IB)=RLT(J,IA,IB)+SOMA1+SOMA2+SOMA3
9 RLT(J,IA,IB)=RLT(J,IA,IB)*DELX2
```

C\*\*\*\*\*CALCULO DO TERMO DE FUGA NA MALHA J SOMADO NAS DIRECOES X Y  
\*\*\*

```
DO 23 IA=1,2
DO 23 IB=1,2
DO 24 J=2,N-1
RLT(J,IA,IB)=RLT(J,IA,IB)+SCAM(J,IA,IB)+RLJ(J-1,J,IA,IB)+RL
J(J+1,J
/,IA,IB)
24 CONTINUE
RLT(1,IA,IB)=RLT(1,IA,IB)+SCAM(1,IA,IB)+RLJ1(IA,IB)+RLJ(2,1
,IA,IB)
RLT(N,IA,IB)=RLT(N,IA,IB)+SCAM(N,IA,IB)+RLJN(IA,IB)+RLJ(N-1
,N,IA,I
/B)
23 CONTINUE
```

C\*\*\*\*\*MONTAGEM DA MATRIZ DE DESTRUCAO\*\*\*\*\*

C\*\*\*\*\*ZERANDO A MATRIZ\*\*\*\*\*

```
DO 5 K=1,N
DO 5 J=1,N
DO 5 IA=1,2
DO 5 IB=1,2
5 A(K,J,IA,IB)=0.
```

C\*\*\*\*\*GERACAO DOS TERMOS NAO NULOS\*\*\*\*\*

```
DO 6 IA=1,2
DO 6 IB=1,2
A(1,1,IA,IB)=RLT(1,IA,IB)
A(1,2,IA,IB)=-RLJ(2,1,IA,IB)
A(N,N-1,IA,IB)=-RLJ(N-1,N,IA,IB)
A(N,N,IA,IB)=RLT(N,IA,IB)
DO 3 J=2,N-1
A(J,J-1,IA,IB)=-RLJ(J-1,J,IA,IB)
A(J,J,IA,IB)=RLT(J,IA,IB)
3 A(J,J+1,IA,IB)=-RLJ(J+1,J,IA,IB)
6 CONTINUE
CALL UMD(A,C,F,N,INT,XK,S,SN,B,R,A1,AP,DS,AS)
700 WRITE(6,701)
```



```
701 FORMAT(/,20X,'PARAMETROS MATERIAIS',10X,'MALHAS LIMITROFES'  
,/)  
WRITE(6,702)  
702 FORMAT(/,12X,'REGIAO',2X,'SCA',6X,'D',8X,'SCF',9X,'EIXO X',  
2X,'EIX  
/ O Y',/)  
WRITE(6,703)SCA1,D1,SCF1,NII,NN  
703 FORMAT(/,15X,'1',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,'  
1',2X,  
/I2)  
NA=NII+1  
WRITE(6,704)SCA2,D2,SCF2,NA,NI,NN  
704 FORMAT(/,15X,'2',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,' 1  
,2X,I2  
/)  
NAA=NA+1  
WRITE(6,705)SCA3,D3,SCF3,NII,NAA,N  
705 FORMAT(/,15X,'3',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,I  
2,2X,I2  
/)  
WRITE(6,706)SCA4,D4,SCF4,NA,NI,NAA,N  
706 FORMAT(/,15X,'4',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,I2,  
2X,I2,/)  
/)  
WRITE(6,707)  
707 FORMAT(/,20X,'DIMENSAO DA MALHA',/)  
WRITE(6,708)DELX  
708 FORMAT(20X,'EM X',2X,F4.2,2X,'CM',/)  
WRITE(6,709)DELY  
709 FORMAT(20X,'EM Y',2X,F4.2,2X,'CM',//)  
WRITE(6,110)  
WRITE(6,111)  
WRITE(6,112)XK,XCIT  
WRITE(6,113)  
ABSOL=ABS(XK-XCIT)  
RELAT=ABSOL/XCIT  
PERCT=RELAT*100  
WRITE(6,114)ABSOL,RELAT,PERCT  
110 FORMAT(/,20X,'COMPARACAO COM RESULTADO DIF. FINITAS KEFF',/  
)  
111 FORMAT(/,10X,'KEFF DA SINTESE',10X,'KEFF DE DIF. FINITAS',/  
)  
112 FORMAT(10X,1PE12.5,12X,1PE12.5)  
113 FORMAT(/,10X,'ERRO ABSOLUTO',5X,'ERRO RELATIVO',5X,'ERRO  
/PERCENTUAL')  
114 FORMAT(/,10X,1PE12.5,6X,1PE12.5,5X,1PE12.5//)  
DO 500 I=1,NI  
DO 500 J=1,N  
500 FLUXO(I,J)=X(1,I)*F(J,1)+X(2,I)*F(J,2)  
C*****IMPRESSAO DOS FLUXOS *****  
WRITE(6,602)  
602 FORMAT(/,20X,'1',13X,'2',13X,'3',13X,'4',13X,'5',13X,'6',/)  
DO 603 I=1,NI  
WRITE(6,604)I,(FLUXO(I,J),J=1,6)
```

```
604 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
603 CONTINUE
    WRITE(6,605)
605 FORMAT(/,20X,'7',13X,'8',13X,'9',12X,'10',12X,'11',12X,'12',
,/)
    DO 606 I=1,NI
    WRITE(6,607)I,(FLUXO(I,J),J=7,12)
607 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
606 CONTINUE
    WRITE(6,608)
608 FORMAT(/,19X,'13',12X,'14',12X,'15',12X,'16',12X,'17',12X,'
18',/)
    DO 609 I=1,NI
    WRITE(6,610)I,(FLUXO(I,J),J=13,18)
610 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
609 CONTINUE
    WRITE(6,620)
620 FORMAT(/,19X,'19',12X,'20',12X,'21',12X,'22',12X,'23',12X,'
24',/)
    DO 621 I=1,NI
    WRITE(6,622)I,(FLUXO(I,J),J=19,24)
622 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
621 CONTINUE
    WRITE(6,623)
623 FORMAT(/,19X,'25',12X,'26',12X,'27',12X,'28',12X,'29',12X,'
30',/)
    DO 624 I=1,NI
    WRITE(6,625)I,(FLUXO(I,J),J=25,30)
625 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
624 CONTINUE
    STOP
    END
```

PSEUDO-CONTINUA

```
SUBROUTINE UMD(A,C,S,F,SN,B,R,INT,XK,N)
DIMENSION A(30,30),C(30),F(30),S(30),SN(30),R(30),B(30)
MAX=180
XK=0.
ERRO=1.000E-06
SOMA=0.
DO 69 I=1,N
F(I)=(I-1)*(N-I)
69 SOMA=SOMA+F(I)*F(I)
SNOR=SQRT(SOMA)
DO 70 I=1,N
70 F(I)=F(I)/SNOR
WRITE(6,16)(I,F(I),I=1,N)
16 FORMAT(/,10X,'F(',I2,')=' ,E12.5)
C INVERSAO DA MATRIZ POR ELIM. DE GAUSS
B(1)=A(1,2)/A(1,1)
M=N-1
DO 25 I=2,M
R(I)=A(I,I)-A(I,I-1)*B(I-1)
B(I)=A(I,I+1)/R(I)
25 CONTINUE
R(N)=A(N,N)-A(N,N-1)*B(N-1)
INT=0.
5 XKN=0.
C FONTE E KEFF
DO 1 J=1,N
S(J)=C(J)*F(J)
1 XKN=XKN+S(J)
WRITE(6,888)XKN,INT
888 FORMAT(3X,'KEFF=' ,1PE12.5,3X,'ITERACAO NUMERO',2X,I3)
C CONVERGENCIA E NUMERO LIMITE DE ITERACOES
IF(ABS(XKN-XK).LT.ERRO)GO TO 8
IF(INT.GT.MAX)GO TO 9
C FONTE NORMALIZADA
DO 2 J=1,N
2 S(J)=S(J)/XKN
C SOLUCAO DO PROBLEMA UM-0,UM-G
SN(1)=S(1)/A(1,1)
DO 29 I=2,N
SN(I)=(S(I)-A(I,I-1)*SN(I-1))/R(I)
29 CONTINUE
F(N)=SN(N)
M=N-1
DO 30 I=1,M
J=N-I
30 F(J)=SN(J)-B(J)*F(J+1)
INT=INT+1
XK=XKN
GO TO 5
3 WRITE(6,18)XK,INT
18 FORMAT(10X,'XK=' ,E12.5,10X,'INT=' ,I3)
WRITE(6,19)(I,F(I),I=1,N)
19 FORMAT(10X,'F(',I3,')=' ,E12.5)
GO TO 10
```

```
9 WRITE(6,20)INT
20 FORMAT(10X,'NAO CONVERGE',10X,I3)
10 RETURN
END
SUBROUTINE MIST(NEX,NAI,NAF,NM,N,ALFA)
DIMENSION ALFA(2,N)
C*****CALCULO DAS FUNCOES ALFA *****
C*****CODDOMINIO 1 *****
DO 4 J=1,NAI
ALFA(1,J)=1.
ALFA(2,J)=0.
4 CONTINUE
C*****CODDOMINIO 2 *****
NEX1=NEX+1
COEF=1./(NM**NEX*2.*NEX1)
K=NAI+NM
NK=NAF-K
DO 1 J=NAI+1,K
ALFA(2,J)=COEF*((J-NAI)**NEX1-(J-NAI-1)**NEX1)
ALFA(1,J)=1.-ALFA(2,J)
1 CONTINUE
COEF=1./(NK**NEX*2.*NEX1)
DO 2 J=K+1,NAF
ALFA(1,J)=COEF*((NAF-J+1)**NEX1-(NAF-J)**NEX1)
ALFA(2,J)=1.-ALFA(1,J)
2 CONTINUE
DO 5 J=NAF+1,N
ALFA(1,J)=0.
ALFA(2,J)=1.
5 CONTINUE
WRITE(6,3)(J,ALFA(1,J),J,ALFA(2,J),J=1,N)
3 FORMAT(3X,'ALFA(1,',I2,')=',1PE13.5,2X,'ALFA(2,',I2,')=',1PE13.5)
RETURN
END
DIMENSION X(2,15),SCAM(30),C(30),ALFA(2,30)
DIMENSION SCA(15,30),SCF(15,30),D(15,30)
DIMENSION PROD(2,2,15,15),PRALF(2,2,30,30),FLUXO(15,30)
DIMENSION RLJ(30,30),RLT(30),A(30,30)
DIMENSION F(30),S(30),SN(30),R(30),B(30)
READ(5,60)N,NN,NI,NII
60 FORMAT(4I2)
READ(5,67)(X(1,I),I=1,NI)
67 FORMAT(7E10.3)
READ(5,66)(X(2,I),I=1,NI)
66 FORMAT(7E10.3)
READ(5,68)D1,D2,D3,D4,SCA1,SCA2,SCA3,SCA4
68 FORMAT(8F5.3)
READ(5,61)SCF1,SCF2,SCF3,SCF4
61 FORMAT(4F6.4)
READ(5,62)XCII
62 FORMAT(F9.7)
SQ1=0.
SQ2=0.
```

```
DO 77 I=1,NI
SQ1=SQ1+X(1,I)*X(1,I)
77 SQ2=SQ2+X(2,I)*X(2,I)
RSQ1=SQRT(SQ1)
RSQ2=SQRT(SQ2)
DO 78 I=1,NI
X(1,I)=X(1,I)/RSQ1
78 X(2,I)=X(2,I)/RSQ2
WRITE(6,200)(I,X(1,I),I,X(2,I),I=1,15)
200 FORMAT(2X,'X1(',I2,')=' ,E12.5,2X,'X2(',I2,')=' ,E12.5)
201 FORMAT(2X,'RSQ1=' ,E12.5,2X,'RSQ2=' ,E12.5)
READ(5,63)DELX,DELY
63 FORMAT(2F4.2)
READ(5,888)DIV
888 FORMAT(F3.1)
DELY=DELY/DIV
DELX=DELX/DIV
READ(5,890)ICASO
890 FORMAT(I1)
READ(5,69)NEX,NAI,NAF,NM
69 FORMAT(4I3)
DELY2=2.*DELY/DELX
DELX2=2.*DELX/DELY
DXY=DELX*DELY
C***PREPARACAO DOS PARAMETROS MATERIAIS POR MALHA I,J***
DO 50 J=1,NN
DO 51 I=1,NII
SCA(I,J)=SCA1
SCF(I,J)=SCF1
D(I,J)=D1
51 CONTINUE
DO 52 I=NII+1,NI
SCA(I,J)=SCA2
SCF(I,J)=SCF2
52 D(I,J)=D2
50 CONTINUE
DO 53 J=NN+1,N
DO 54 I=1,NII
SCA(I,J)=SCA3
SCF(I,J)=SCF3
54 D(I,J)=D3
DO 55 I=NII+1,NI
SCA(I,J)=SCA4
SCF(I,J)=SCF4
D(I,J)=D4
55 CONTINUE
53 CONTINUE
CALL MIST(NEX,NAI,NAF,NM,N,ALFA)
C*****CALCULO DAS FUNCOES PESO*****
DO 27 IA=1,2
DO 27 IB=1,2
DO 28 I=2,NI-1
PROD(IA,IB,I-1,I)=X(IA,I-1)*X(IB,I)
PROD(IA,IB,I+1,I)=X(IA,I+1)*X(IB,I)
```

```
      PROD(IA,IB,I,I)=X(IA,I)*X(IB,I)
28  CONTINUE
      PROD(IA,IB,1,1)=X(IA,1)*X(IB,1)
      PROD(IA,IB,NI,NI)=X(IA,NI)*X(IB,NI)
      PROD(IA,IB,NI-1,NI)=X(IA,NI-1)*X(IB,NI)
      PROD(IA,IB,2,1)=X(IA,2)*X(IB,1)
      DO 29 J=2,N-1
        PRALF(IA,IB,J-1,J)=ALFA(IA,J-1)*ALFA(IB,J)
        PRALF(IA,IB,J+1,J)=ALFA(IA,J+1)*ALFA(IB,J)
        PRALF(IA,IB,J,J)=ALFA(IA,J)*ALFA(IB,J)
29  CONTINUE
      PRALF(IA,IB,1,1)=ALFA(IA,1)*ALFA(IB,1)
      PRALF(IA,IB,N,N)=ALFA(IA,N)*ALFA(IB,N)
      PRALF(IA,IB,N-1,N)=ALFA(IA,N-1)*ALFA(IB,N)
      PRALF(IA,IB,2,1)=ALFA(IA,2)*ALFA(IB,1)
27  CONTINUE
C*****CALCULO DE SECAO DE CHOQUE DE ABSORCAO MEDIA E MATRIZ DE P
RODUCAO
C*****CODDOMINIO 1 *****
      DO 14 J=1,NAI
        SCAM(J)=0.
        C(J)=0.
        DO 21 I=1,NI
          SOMA1=PROD(1,1,I,I)*SCA(I,J)
          SOMA2=PROD(1,1,I,I)*SCF(I,J)
          SCAM(J)=SCAM(J)+SOMA1
          C(J)=C(J)+SOMA2
21  CONTINUE
        SCAM(J)=SCAM(J)*DXY
14  C(J)=C(J)*DXY
C*****CODDOMINIO 2*****
      DO 70 J=NAI+1,NAF
        SCAM(J)=0.
        C(J)=0.
        DO 73 I=1,NI
          PXA=0.
          DO 71 IA=1,2
            DO 71 IB=1,2
              SOMA1=PROD(IA,IB,I,I)*PRALF(IA,IB,J,J)
71  PXA=PXA+SOMA1
              SOMA2=PXA*SCA(I,J)
              SOMA3=PXA*SCF(I,J)
              SCAM(J)=SCAM(J)+SOMA2
73  C(J)=C(J)+SOMA3
          SCAM(J)=SCAM(J)*DXY
70  C(J)=C(J)*DXY
C*****CODDOMINIO 3 *****
      DO 13 J=NAF+1,N
        SCAM(J)=0.
        C(J)=0.
        DO 22 I=1,NI
          SOMA1=PROD(2,2,I,I)*SCA(I,J)
          SOMA2=PROD(2,2,I,I)*SCF(I,J)
          SCAM(J)=SCAM(J)+SOMA1
```

```
      C(J)=C(J)+SOMA2
22  CONTINUE
      SCAM(J)=SCAM(J)*DXY
      C(J)=C(J)*DXY
13  CONTINUE
C*****TERMOS DE FUGA MEDIOS NA DIRECAO Y *****
C*****CODOMINIO 1 *****
      DO 80 J=2,NAI
        RLJ(J-1,J)=0.
        RLJ(J+1,J)=0.
        DO 8 I=1,NI
          SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J-1)))*PROD(1,1,I,I)
          SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J+1)))*PROD(1,1,I,I)
          RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)+SOMA1
          RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)+SOMA2
8    CONTINUE
        RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)*DELY2
80   RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)*DELY2
        RLJ(2,1)=0.
        RLJ1=0.
        DO 2 I=1,NI
          SOMA2=(1./(1./D(I,1)+1./D(I,2)))*PRCD(1,1,I,I)
          SOMA3=D(I,1)*PROD(1,1,I,I)
          RLJ(2,1)=RLJ(2,1)+SOMA2
2    RLJ1=RLJ1+SOMA3
        RLJ(2,1)=RLJ(2,1)*DELY2
        RLJ1=RLJ1*DELY2
C*****CODOMINIO 2 *****
      DO 84 J=NAI+1,NAF
        RLJ(J-1,J)=0.
        RLJ(J+1,J)=0.
        DO 85 I=1,NI
          PXA1=0.
          PXA2=0.
          DO 86 IA=1,2
            DO 86 IB=1,2
              SOMA1=PROD(IA,IB,I,I)*PRALF(IA,IB,J-1,J)
              SOMA2=PROD(IA,IB,I,I)*PRALF(IA,IB,J+1,J)
              PXA1=PXA1+SOMA1
              PXA2=PXA2+SOMA2
86   CONTINUE
          SOMA3=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J-1)))*PXA1
          SOMA4=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J+1)))*PXA2
          RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)+SOMA3
85   RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)+SOMA4
          RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)*DELY2
          RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)*DELY2
84   CONTINUE
C*****CODOMINIO 3 *****
      DO 81 J=NAF+1,N-1
        RLJ(J-1,J)=0.
        RLJ(J+1,J)=0.
        DO 82 I=1,NI
          SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J-1)))*PROD(2,2,I,I)
```

```
SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I,J+1))) * PROD(2,2,I,I)
RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)+SOMA1
82 RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)+SOMA2
RLJ(J-1,J)=RLJ(J-1,J)*DELY2
RLJ(J+1,J)=RLJ(J+1,J)*DELY2
81 CONTINUE
RLJ(N-1,N)=0.
RLJN=0.
DO 83 I=1,NI
SOMA1=(1./(1./D(I,N)+1./D(I,N-1))) * PROD(2,2,I,I)
SOMA4=D(I,N) * PROD(2,2,I,I)
RLJ(N-1,N)=RLJ(N-1,N)+SOMA1
RLJN=RLJN+SOMA4
83 CONTINUE
RLJ(N-1,N)=RLJ(N-1,N)*DELY2
RLJN=RLJN*DELY2
C*****TERMOS DE FUGA MEDIOS NA DIRECAO X *****
C*****CODOMINIO 1 *****
DO 9 J=1,NAI
RLT(J)=0.
DO 10 I=2,NI-1
PXA1=PROD(1,1,I,I)-PROD(1,1,I-1,I)
PXA2=PROD(1,1,I,I)-PROD(1,1,I+1,I)
SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I-1,J))) * PXA1
SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I+1,J))) * PXA2
10 RLT(J)=RLT(J)+SOMA1+SOMA2
PXA1=PROD(1,1,NI,NI)-PROD(1,1,NI-1,NI)
PXA2=PROD(1,1,1,1)-PROD(1,1,2,1)
SOMA1=(1./(1./D(NI,J)+1./D(NI-1,J))) * PXA1
SOMA2=(1./(1./D(1,J)+1./D(2,J))) * PXA2
SOMA4=PROD(1,1,NI,NI) * D(NI,J)
RLT(J)=RLT(J)+SOMA1+SOMA2+SOMA4
9 RLT(J)=RLT(J)*DELX2
C*****CODOMINIO 2 *****
DO 90 J=NAI+1,NAF
RLT(J)=0.
DO 91 I=2,NI-1
PXA1=0.
PXA2=0.
DO 92 IA=1,2
DO 92 IB=1,2
SOMA1=PRALF(IA,IB,J,J) * (PROD(IA,IB,I,I)-PROD(IB,IA,I-1,I))
SOMA2=PRALF(IA,IB,J,J) * (PROD(IA,IB,I,I)-PROD(IB,IA,I+1,I))
PXA1=PXA1+SOMA1
PXA2=PXA2+SOMA2
92 CONTINUE
SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I-1,J))) * PXA1
SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I+1,J))) * PXA2
91 RLT(J)=RLT(J)+SOMA1+SOMA2
PXA1=0.
PXA2=0.
PXA4=0.
DO 93 IA=1,2
DO 93 IB=1,2
```



```

SOMA1=PRALF(IA,IB,J,J)*(PROD(IA,IB,NI,NI)-PROD(IB,IA,NI-1,N
I))
SOMA2=PRALF(IA,IB,J,J)*(PROD(IA,IB,1,2)-PROD(IB,IA,2,1))
SOMA4=PRALF(IA,IB,J,J)*PROD(IA,IB,NI,NI)
PXA1=PXA1+SOMA1
PXA2=PXA2+SOMA2
93 PXA4=PXA4+SOMA4
SOMA1=(1./(1./D(NI,J)+1./D(NI-1,J)))*PXA1
SOMA2=(1./(1./D(1,J)+1./D(2,J)))*PXA2
SOMA4=D(NI,J)*PXA4
RLT(J)=(RLT(J)+SOMA1+SOMA2+SOMA4)*DELX2
90 CONTINUE
C*****CODDOMINIO 3 *****
DO 94 J=NAF+1,N
RLT(J)=0.
DO 95 I=2,NI-1
PXA1=PROD(2,2,I,I)-PROD(2,2,I-1,I)
PXA2=PROD(2,2,I,I)-PROD(2,2,I+1,I)
SOMA1=(1./(1./D(I,J)+1./D(I-1,J)))*PXA1
SOMA2=(1./(1./D(I,J)+1./D(I+1,J)))*PXA2
95 RLT(J)=RLT(J)+SOMA1+SOMA2
PXA1=PROD(2,2,NI,NI)-PROD(2,2,NI-1,NI)
PXA2=PROD(2,2,1,1)-PROD(2,2,2,2)
SOMA1=(1./(1./D(NI,J)+1./D(NI-1,J)))*PXA1
SOMA2=(1./(1./D(1,J)+1./D(2,J)))*PXA2
SOMA4=PROD(2,2,NI,NI)*D(NI,J)
RLT(J)=(RLT(J)+SOMA1+SOMA2+SOMA4)*DELX2
94 CONTINUE
C*****CALCULO DO TERMO DE FUGA SOMADO EM X E EM Y *****
DO 23 J=2,N-1
23 RLT(J)=RLT(J)+SCAM(J)+RLJ(J-1,J)+RLJ(J+1,J)
RLT(1)=RLT(1)+SCAM(1)+RLJ1+RLJ(2,1)
RLT(N)=RLT(N)+SCAM(N)+RLJN+RLJ(N-1,N)
C*****MONTAGEM DA MATRIZ DE DESIRUICAO A *****
C*****ZERANDO A MATRIZ *****
DO 5 K=1,N
DO 5 J=1,N
5 A(K,J)=0.
C*****GERANDO OS TERMOS NAO NULOS *****
A(1,1)=RLT(1)
A(1,2)=-RLJ(2,1)
A(N,N-1)=-RLJ(N-1,N)
A(N,N)=RLT(N)
DO 3 J=2,N-1
A(J,J-1)=-RLJ(J-1,J)
A(J,J)=RLT(J)
A(J,J+1)=-RLJ(J+1,J)
3 CONTINUE
CALL UMD(A,C,S,F,SN,B,R,INT,XK,N)
DO 500 I=1,NI
DO 500 J=1,N
FLUXO(I,J)=(X(1,I)*ALFA(1,J)+X(2,I)*ALFA(2,J))*F(J)
500 CONTINUE
700 WRITE(6,701)

```

```
701 FORMAT(/,20X,'PARAMETROS MATERIAIS',10X,'MALHAS LIMITROFES',/)  
    WRITE(6,702)  
702 FORMAT(/,12X,'REGIAO',2X,'SCA',6X,'D',8X,'SCF',9X,'EIXO X',  
2X,'EIX  
    / O Y',/)  
    WRITE(6,703)SCA1,D1,SCF1,NII,NN  
703 FORMAT(/,15X,'1',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,'  
1',2X,  
    /I2)  
    NAA=NII+1  
    WRITE(6,704)SCA2,D2,SCF2,NA,NI,NN  
704 FORMAT(/,15X,'2',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,' 1  
,2X,I2  
    /)  
    NAA=NN+1  
    WRITE(6,705)SCA3,D3,SCF3,NII,NAA,N  
705 FORMAT(/,15X,'3',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,' 1',2X,I2,2X,I  
2,2X,I2  
    /)  
    WRITE(6,706)SCA4,D4,SCF4,NA,NI,NAA,N  
706 FORMAT(/,15X,'4',4X,F5.3,4X,F5.3,4X,F6.4,6X,I2,2X,I2,2X,I2,  
2X,I2,/  
    /)  
    WRITE(6,707)  
707 FORMAT(/,20X,'DIMENSAO DA MALHA',/)  
    WRITE(6,708)DELX  
708 FORMAT(20X,'EM X',2X,F4.2,2X,'CM',/)  
    WRITE(6,709)DELY  
709 FORMAT(20X,'EM Y',2X,F4.2,2X,'CM',/)  
    WRITE(6,110)  
    WRITE(6,111)  
    WRITE(6,112)XK,XCIT  
    WRITE(6,113)  
    ABSOL=ABS(XK-XCIT)  
    RELAT=ABSOL/XCIT  
    PERCT=RELAT*100  
    WRITE(6,114)ABSOL,RELAT,PERCT  
110 FORMAT(/,20X,'COMPARACAO COM RESULTADO DIF. FINITAS KEFF',/  
)  
111 FORMAT(/,10X,'KEFF DA SINTESE',10X,'KEFF DE DIF. FINITAS',/  
)  
112 FORMAT(10X,1PE12.5,12X,1PE12.5)  
113 FORMAT(/,10X,'ERRO ABSOLUTO',5X,'ERRO RELATIVO',5X,'ERRO  
/PERCENTUAL')  
114 FORMAT(/,10X,1PE12.5,6X,1PE12.5,5X,1PE12.5//)  
C*****IMPRESSAO DOS FLUXOS *****  
    WRITE(6,602)  
602 FORMAT(/,20X,'1',13X,'2',13X,'3',13X,'4',13X,'5',13X,'6',/)  
    DO 603 I=1,NI  
        WRITE(6,604)I,(FLUXO(I,J),J=1,6)  
604 FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)  
603 CONTINUE  
    WRITE(6,605)
```

```
605 FORMAT(/,20X,'7',13X,'8',13X,'9',12X,'10',12X,'11',12X,'12',
,/)
      DO 606 I=1,NI
        WRITE(6,607)I,(FLUXD(I,J),J=7,12)
607  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
606  CONTINUE
        WRITE(6,608)
608  FORMAT(/,19X,'13',12X,'14',12X,'15',12X,'16',12X,'17',12X,'
18',/)
      DO 609 I=1,NI
        WRITE(6,610)I,(FLUXD(I,J),J=13,18)
610  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
609  CONTINUE
        WRITE(6,620)
620  FORMAT(/,19X,'19',12X,'20',12X,'21',12X,'22',12X,'23',12X,'
24',/)
      DO 621 I=1,NI
        WRITE(6,622)I,(FLUXD(I,J),J=19,24)
622  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
621  CONTINUE
        WRITE(6,623)
623  FORMAT(/,19X,'25',12X,'26',12X,'27',12X,'28',12X,'29',12X,'
30',/)
      DO 624 I=1,NI
        WRITE(6,625)I,(FLUXD(I,J),J=25,30)
625  FORMAT(/,4X,I2,9X,6(1PE10.3,5X),/)
624  CONTINUE
      STOP
      END
```