MODELO DETERMINÍSTICO PARA ANÁLISE TERMOHIDRÁULICA
DE ESCOAMENTOS EM FEIXES DE BARRAS COM
ESPAÇADORES HELICOIDAIS

ELOI FERNANDEZ Y FERNANDEZ

TESE DE DOUTORADO

Julho 1984.

Departamento de Engenharia Mecânica

ELOI FERNANDEZ Y FERNANDEZ

MODELO DETERMINÍSTICO PARA ANÁLISE
TERMOHIDRÁULICA DE ESCOAMENTO EM FEIXES DE
BARRAS COM ESPAÇADORES HELICOIDAIS

Tese apresentada ao Departamento
de Engenharia Mecânica da PUC/RJ
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Ciências em Engenharia Mecânica
(Dr.Sc.)

Prof. Orientador: PEDRO CARAJILESCOV, Ph.D.

Departamento de Engenharia Mecânica
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 20 de julho de 1984

para

Eliane, David e André

Agradecimentos

Meus agradecimentos ao Prof. Pedro Carajilescov, pela indispensável orientação.

MODELO DETERMINÍSTICO PARA ANÁLISE
TERMOHIDRÁULICA DE ESCOAMENTOS EM FEIXES DE
BARRAS COM ESPAÇADORES HELICOIDAIS

Autor: Eloi Fernandez Y. Fernandez

Orientador: Pedro Carajilescov, Ph.D.

RESUMO

O elemento combustível de um reator do tipo LMFBR consiste em um feixe de barras de arranjo triangular com espaçadores helicoidais, contido em um duto hexagonal. Neste trabalho, desenvolve-se o programa ATHEL que incorpora um método determinístico para o cálculo da distribuição de temperatura, baseado em modelos para o cálculo do coeficiente de atrito e redistribuição do escoamento axial, para o escoamento transversal e a mistura térmica turbulenta.

Os resultados obtidos foram comparados com dados experimentais disponíveis na literatura, apresentando precisão semelhante aos códigos de análise mais complexa, como é o caso do COBRA e THI3D. O modelo físico utilizado e o programa desenvolvido permitem a realização de análise termohidráulica de reatores de maneira rápida e econômica.

DETERMINISTIC MODEL FOR THERMALHYDRAULICS ANALYSIS
OF FLOW IN ROD BUNDLES WITH HELICAL WIRE WRAP SPACERS

Author : Eloi Fernandez Y Fernandez

Advisor: Pedro Carajilescov, Ph.D.

ABSTRACT

The fuel element of an LMFBR consists of a bundle of rods wrapped with an helical wire as spacer, surrounded by an hexagonal duct. In the present work, the ATHEL code is developed a deterministic method to calculate the temperature distribution based on models for the prediction of the friction factor and flow redistribution, for the cross flow and for the turbulent eddy dyffusivity.

The obtained results are compared to available experimental data in the literature, yielding equivalent accuracy to more complex analysis code, such as COBRA and THI3D. The developed physical methods and code allow thermalhydraulics analysis of reactors in a very fast and inexpensive way.

ÍNDICE

Nomenclatura.....	i
Lista de Figuras.....	iii
Lista de Tabelas.....	vii
Capítulo I - Introdução.....	1
1.1 - Considerações iniciais.....	2
1.2 - Equações Gerais.....	8
1.3 - Resumo do Trabalho.....	14
Capítulo II - Revisão da Literatura.....	15
2.1 - Modelos Teóricos.....	15
2.2 - Estudos Experimentais.....	22
Capítulo III - Modelo Teórico.....	28
3.1 - Modelo de Redistribuição do Escoamen to.....	28
a - Subcanal Interno.....	29
b - Subcanal Lateral.....	31
c - Subcanal de Canto.....	33
d - Redistribuição do Escoamento.....	33
e - Determinação do Parâmetro ψ	34
3.2 - Escoamento Axial.....	37
3.3 - Modelo de Escoamento Transversal....	37
a - Determinação do Parâmetro c	41
3.4 - Modelo de Distribuição de Entalpia..	45
a - Determinação do Parâmetro ϵ_H	48
3.5 - Programa ATHEL.....	49
Capítulo IV - Resultados.....	51
4.1 - Coeficiente de Atrito e Fatores de Redistribuição do Escoamento.....	51

4.2 - Distribuição do Escoamento Transversal.....	60
4.3 - Distribuição do Fator Local de Acrêscimo de Entalpia.....	65
Capítulo V - Comentários e Considerações Finais.	72
Referências.....	74
Apêndice A - Parâmetros Geométricos e Formulário....	80
Apêndice B - Diagrama de Blocos do Programa ATHEL...	86
Apêndice C - Listagem do Programa ATHEL.....	92
Apêndice D - Manual de Utilização e Saída Típica do Programa ATHEL.....	117

NOMENCLATURA

- A = área da secção reta, no escoamento
 a_t = difusividade térmica molecular $\frac{\rho \cdot c_p}{k}$
 c = coeficiente empírico do escoamento transversal
 c_p = calor específico
 D = diâmetro da barra
 De = diâmetro hidráulico equivalente
 $De_{i,1}$ = diâmetro hidráulico do subcanal i considerando o arame no subcanal
 $De_{i,2}$ = diâmetro hidráulico do subcanal i considerando o feixe de barras
 f = coeficiente de atrito
 F = fator de forma geométrica
 g = aceleração da gravidade
 h = entalpia
 H = passo da helicoidal
 k = condutividade térmica
 $\dot{m}$ = vazão em massa, na direção axial
 N = número de barras
 n_i = contador de subcanais i
 p = pressão
 P = distância entre centros das barras
 P_w = perímetro molhado
 q = fluxo de calor
 Re = número de Reynolds
 s = distância do gap entre as barras
 T = temperatura
 u = componente axial da velocidade

v = componente transversal da velocidade
 V = velocidade real do fluido
 X = fator de redistribuição
 x = coordenada transversal
 y = coordenada transversal
 z = coordenada axial
 Δy = distância entre centróides de dois subcanais adjacentes
 Δz = incremento axial
 α = ângulo entre o eixo da barra e a direção do escoamento
 ϵ_H = difusividade térmica turbulenta
 μ = viscosidade dinâmica
 ν = viscosidade cinemática
 ψ = parâmetro empírico que determina a direção do escoamento
 ρ = densidade
 θ = ângulo

Subescritos

b = denota o parâmetro médio no feixe
 i, j = posição do subcanal
 k = contador de subcanais
 l = contador de barras
 L = contador correspondente a posição axial z
 S = denota posição de saída do feixe
 T = denota valor total
 t = denota valor transversal no 'gap'
 $\tau=0$ = denota posição de entrada no feixe
 $= 1$ = denota subcanal interior
 $= 2$ = denota subcanal lateral
 $= 3$ = denota subcanal de canto

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Definição dos subcanais típicos e aspecto do arranjo de barras e da helicoidal.....	3
1.2 - Distribuição do escoamento transversal através do espaço entre as barras.....	6
1.3 - Mudança da posição axial.....	7
1.4 - Escoamento periférico ao longo da parede do duto.....	7
1.5 - Representação do volume de controle axial "i".....	8
1.6 - Representação do balanço de massa no subcanal i.....	9
1.7 - Representação do balanço de energia no subcanal i.....	10
1.8 - Representação do balanço de forças na direção axial, sobre o subcanal i.....	11
1.9 - Representação do volume de controle transversal e do balanço de forças.....	13
Figura 2.1 - Subdivisão no ENERGY.....	18
Figura 3.1 - Trajetória do escoamento em um subcanal lateral.....	31
3.2 - Parâmetro ξ como função de P/D	36
3.3 - Representação e correspondência entre subcanais de duas seções retas defasadas de uma distância igual a $H/6$	38
3.4 - Representação do balanço de massa no subcanal i.....	38
3.5 - Representação de mudança da posição relativa da helicoidal, para um incremento axial de $H/12$	41

3.6 - Comparações do escoamento periférico.....	42
3.7 - Comparações do escoamento periférico.....	42
3.8 - Número de 'gaps' entre a região interna e periférica.....	43
3.9 - Valores de C em função do número de subcanais.....	43
3.10 - Valor de C^* em função do número de subcanais.....	44
3.11 - Variação do coeficiente C^* em função de H/D	45
3.12 - Representação do balanço de energia no subcanal i.....	46
3.13 - Influência do coeficiente ϵ_H no perfil térmico.....	49
3.14 - Diagrama de Blocos Simplificado.....	50
Figura 4.1 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe.....	53
4.2 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe.....	53
4.3 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe.....	54
4.4 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe.....	54
4.5 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe.....	55
4.6 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe.....	56

4.7 - Comparação dos resultados para os fatores de distribuição do escoamento.....	57
4.8 - Comparação dos resultados para os fatores de distribuição do escoamento.....	58
4.9 - Efeitos dos parâmetros geométricos no fator de distribuição do escoamento turbulento, para os subcanais internos.....	59
4.10 - Efeitos dos parâmetros geométricos no fator de distribuição do escoamento turbulento, para os subcanais laterais.....	59
4.11 - Efeitos dos parâmetros geométricos no fator de distribuição do escoamento turbulento, para os subcanais cantos.....	60
4.12 - Comparações do escoamento periférico previsto; com dados experimentais e outros modelos de simulação.....	61
4.13 - Comparações do escoamento periférico previsto com dados experimentais e outros modelos de simulação.....	62
4.14 - Distribuição do escoamento transversal para uma posição genérica Z.....	63
4.15 - Distribuição do escoamento transversal para uma posição genérica $Z+H/12$	63
4.16 - Distribuição axial do escoamento transversal.....	64
4.17 - Comparação do fator local de acréscimo de entalpia para potência uniforme....	65
4.18 - Comparação do fator local de acréscimo de entalpia para um degrau de 20% de potência radial.....	66

4.19 - Comparação do fator local de <u>acrês</u> cimo de entalpia para um degrau de 300% de potência radial.....	67
4.20 - Secção sobre a qual são feitas as comparações anteriores.....	68
4.21 - Efeito do número de varetas na <u>dis</u> tribuição do perfil térmico.....	69
4.22 - Efeitos da distribuição senoidal de potência axial no perfil <u>térmi</u> co.....	70
4.23 - Efeitos da distribuição radial de potência no perfil térmico.....	71
A.1 - Evolução das posições relativas das helicoidais, em um passo, a cada $\Delta z = H/12$	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Códigos Computacionais para feixes de barras com espaçadores helicoidais.....	21
2.2 - Obtenção da queda de pressão em feixes de barras com espaçadores helicoidais.....	24
4.1 - Coeficiente de atrito por subcanal.....	52
A.1 - Número de subcanais.....	80
A.2 - Dimensões unitárias médias dos subcanais.....	81
A.3 - Distâncias entre subcanais.....	82
A.4 - Coeficiente de atrito e fatores de redistribui ção do escoamento por subcanal.....	83

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

Os elementos combustíveis de reatores rápidos refrigerados a metal líquido, do tipo LMFBR (Liquid Metal Fast Breeder Reactor), consistem em um feixe de barras de arranjo triangular com espaçadores helicoidais entre os quais escoam o fluido refrigerante (no caso, sódio).

Os mecanismos de transporte de calor e massa, no interior do núcleo desses reatores, apresentam um complicado comportamento físico por causa da sua configuração geométrica e das amplas faixas das condições de operação.

Diferentes montagens experimentais e simulações numéricas tem sido realizadas na tentativa de expressar o comportamento termohidráulico desse conjunto.

As equações básicas que governam este comportamento termohidráulico são: conservação de massa, energia e quantidade de movimento (nas direções axial e transversal). Essas equações, acompanhadas das condições de contorno apropriadas, constituem um conjunto de equações diferenciais parciais não-lineares, cuja solução apresenta enormes dificuldades numéricas.

Alguns modelos de simulação numérica tem sido desenvolvidos. Em sua maior parte, esses programas são adaptados de códigos desenvolvidos originalmente para uso em reatores refrigerados a água. Poucos foram desenvolvidos visando aplicação específica em reatores LMFBR.

A maioria dos modelos disponíveis propõe-se a resolver o conjunto das equações diferenciais simultaneamente, centralizando suas preocupações nos problemas numéricos envolvidos nessa resolu

lução. Inevitavelmente, a solução é obtida por um processo iterativo que consome excessiva memória e um grande tempo de computação.

O presente trabalho consiste em uma interpretação dos fenômos físicos envolvidos e no modelamento deste escoamento de maneira determinística. A equação da energia é resolvida diretamente a cada passo, sendo desnecessária a utilização de um processo iterativo, assim como o armazenamento de informações anteriores, ao contrário dos métodos usualmente adotados.

Baseado no modelo apresentado, foi desenvolvido o programa ATHEL - Análise Termohidráulica de Escoamentos em Feixes de Barras com Espaçadores Helicoidais - para o cálculo dos campos de velocidade e temperatura, em regime permanente.

1.1 - Considerações Iniciais

Figura 1.1 mostra a secção reta de um elemento combustível típico de um LMFBR formado por 19 barras, com espaçadores helicoidais. Este conjunto de barras é contido por um duto hexagonal, conforme mostrado.

Esta geometria pode ser subdividida em subcanais típicos. Figura 1.1 mostra os três tipos de subcanais normalmente utilizados.

Dividindo-se, axialmente, o elemento combustível em comprimentos Δz , cada subcanal da origem a volumes de controle.

Sobre os volumes de controle, serão aplicadas as equações de conservação. Mesmo que não existam as helicoidais como espaçadores entre as barras, existe uma interconexão entre subcanais vizinhos que irá permitir troca de entalpia entre eles, em virtude de misturas de fluido provocado pela existência de escoamentos secundários (transversais a direção principal, que é a direção axial), devido a difusão turbulenta e à própria transferência de calor por

condução.

Figura 1.1 - Definição dos subcanais típicos e aspecto do arranjo de barras e da helicoidal

Em feixes de barras com helicoidais, o escoamento aumenta sua complexidade devido as bruscas variações da área de fluxo na direção axial, alterando profundamente a distribuição de pressão. Escoamentos transversais bem maiores surgem como um desvio do escoamento na direção da helicoidal, modificando a natureza dos mecanismos de misturas existentes.

A redistribuição de energia em feixes de barras com helicoidal possui os seguintes aspectos [1] , [2] [3] :

- a) Condução térmica - este mecanismo é responsável pela transferência de energia por difusão molecular em fluidos de grande

condutibilidade térmica.

- b) Transporte turbulento (mixing) - este mecanismo de transporte está associado com a ação da difusividade turbulenta, isto é, com o nível de turbulência molecular. Neste caso, nenhum transporte líquido de fluido ocorre entre dois subcanais adjacentes.
- c) Escoamento disperso (scattering flow) - este mecanismo envolve uma mistura forçada não direcional induzidas por objetos tais como grades, que aumentam o nível de turbulência do fluido. Na maioria das vezes este transporte é incluído diretamente no transporte turbulento acima.
- d) Escoamento transversal (cross-flow) - qualquer convecção do fluido, devido a um gradiente de pressão radial, pode ser classificado como escoamento transversal. Neste caso, existe um fluxo líquido não nulo de massa entre dois subcanais adjacentes. Este escoamento pode ser classificado na forma:
 - i- escoamento transversal desviado (diversion flow) - esta parcela do escoamento transversal total, que ocorre entre subcanais, tem origem na não similaridade das características termohidráulicas locais. Variações de área, propriedades do fluido (densidade) e da geometria entre dois subcanais vizinhos pode provocar um gradiente de pressão entre os dois subcanais, ocasionando um fluxo de massa transversal.
 - ii- escoamento transversal direcionado - (sweep flow) - para feixes de barras com arames helicoidais, o escoamento não possui uma trajetória vertical, mas a intervalos re

gulares (que dependem do passo da helicoidal), o espaçador atravessa o espaço entre duas barras, e o escoamento é direcionado, parcialmente, de um subcanal para o subcanal vizinho, devido a um gradiente de pressão favorável criado pelo espaçador. Este efeito direcional do arame helicoidal pode estender-se por uma pequena distância acima e abaixo da localização onde o arame atravessa o espaço entre as duas barras. Dessa forma, a quantidade de movimento axial do escoamento em um subcanal é periodicamente alterada pela presença do arame. A fração de quantidade de movimento axial, carregada pelo escoamento direcionado transversalmente, pode ser consideravelmente maior do que a fração carregada pelo escoamento transversal desviado, dependendo da relação H/D ;

iii - escoamento transversal periférico (swirl - flow) - os escoamentos direcionados nos subcanais laterais e de cantos tem características diferentes dos subcanais internos. Enquanto o escoamento direcionado em um subcanal interno do feixe alterna seu sentido periodicamente, o escoamento direcionado em um subcanal próximo à parede do duto é sempre no mesmo sentido. Esta característica especial provoca a existência de um escoamento líquido periférico próximo à parede interna do duto hexagonal. Este escoamento direcionado foi denominado escoamento transversal periférico.

Devido à presença dos espaçadores helicoidais, o principal mecanismo de mistura transversal é o escoamento direcionado, o qual é variável com a posição axial.

Figura 1.2a. mostra duas barras adjacentes, separadas pelos a

rames helicoidais. A vazão em massa do escoamento direcionado entre os subcanais i e j é expressa por w_{ij} , através do espaço entre as barras (gap). Como o arame 2 atravessa o 'gap' em $x = x_1$, ele provoca um transporte de fluido normal ao plano representado. Em $x = x_2$, o arame 1, provoca um transporte do escoamento através do 'gap', na direção oposta. Em $x = x_3$, o escoamento através do 'gap' é novamente invertido, e assim por diante. Observando-se esse comportamento do escoamento, é de se esperar que a sua distribuição axial tenha a forma indicada na Fig. 1.2b.

Figura 1.2.- Distribuição do escoamento transversal através do espaço entre as barras.

Figura 1.3 mostra uma secção reta do feixe de barras com a orientação dos arames helicoidais. Com uma rotação da posição do arame, em torno da superfície da barra de $\theta = 60^\circ$ e um avanço da posição axial equivalente a $H/6$, o arame sai de um 'gap' para outro. Tomando-se a vazão máxima entre os subcanais, nessas posições

axiais, pode-se construir um modelo de mistura baseado apenas em considerações geométricas do escoamento no feixe [2].

Figura 1.3 - Mudança da posição axial

Observa-se que, nos subcanais laterais, o espaço entre a barra e a parede só é atravessado por um arame helicoidal correspondente a essa barra e que cruza essa região sempre na mesma direção. Como consequência dessa propriedade, surge o escoamento periférico mostrado na Fig. 1.4.

Figura 1.4 - Escoamento periférico ao longo da parede do duto

Conforme será mostrado no Capítulo 3, o conhecimento das características desses escoamentos transversais é fundamental para a resolução das equações de conservação no feixe de barras, cujo objetivo é a determinação do campo do escoamento e da temperatura em todo feixe.

Para caracterizar a hidrodinâmica do escoamento, quatro parâmetros são fundamentais na análise: Re , N , P/D e H/D .

1.2 - Equações Básicas

Os mecanismos de transferência entre dois subcanais vizinhos são governados por um conjunto de quatro equações básicas: a) conservação de massa; b) conservação de energia; c) conservação da quantidade de movimento axial e, d) conservação da quantidade de movimento transversal.

Considere um volume de controle "i", de comprimento axial Δz , acoplado lateralmente a m outros volumes de controle, conforme mostrado na Fig. 1.5.

Figura 1.5 - Representação do volume de controle axial "i"

As equações fundamentais de balanço, para este volume de controle, são [4] :

a) Conservação de Massa

Considere o acoplamento esquematizado na Fig. 1.6.

Figura 1.6 - Representação do balanço de massa no subcanal i

A equação de conservação de massa é dada por:

$$\frac{\partial \dot{m}_i}{\partial z} \Delta z = - \sum_{j=1}^m \omega_{ij} \quad (1.1)$$

onde: $\dot{m}_i$ = vazão em massa axial no subcanal i;

ω_{ij} = vazão em massa transversal entre os subcanais i e j;
na direção de i para j.

Discretizando em diferenças finitas a direção axial, a equação (1.1) pode ser escrita na forma:

$$\dot{m}_i)_{L+1} = \dot{m}_i)_{L} - \sum_{j=1}^m \omega_{ij})_{L} \quad (1.2)$$

onde o índice L corresponde à posição genérica Z e $L + 1$ à posição $Z + \Delta Z$.

b) Conservação de Energia

Figura 1.7 mostra, esquematicamente, as taxas de energia que atravessa, a fronteira do volume de controle associado ao subcanal i .

Figura 1.7 - Representação do balanço de energia no subcanal i

O balanço de energia para este volume de controle é dado por:

$$\frac{\partial h_i}{\partial z} \cdot \Delta Z = \frac{1}{\dot{m}_i} \left[\sum_{j=1}^m \frac{k}{\Delta y} (T_j - T_i) + \sum_{j=1}^m (\omega_{ij} + \omega'_{ij}) (h_i - h_j) + \sum_m q'_{im} \right] \quad (1.3)$$

onde: h_i = entalpia do fluido no subcanal i ;

T_i = temperatura do fluido no subcanal i ;

w'_{ij} = troca de massa turbulenta, ou mixing, entre os subcanais i e j ;

- q'_{im} = geração de calor na barra m , associada ao subcanal i ;
 Δy = distância entre os centróides de dois subcanais vizinhos;
 k = coeficiente associado à difusão térmica do fluido entre subcanais adjacentes.

Esta equação pode ser escrita na forma:

$$h_i)_{L+1} = h_i)_{L+1} + \frac{1}{\dot{m}_i)_{L+1}} \left[\left(\sum_{j=1}^m \frac{k}{\Delta x} (T_j - T_i) + \sum_{j=1}^m (\omega_{ij} + \omega'_{ij}) (h_i - h_j) + \sum_m q'_{im} \right) \right]_{L+1} \quad (1.4)$$

c) Conservação da Quantidade de Movimento Axial

Figura 1.8 mostra as forças envolvidas no volume de controle associado ao subcanal i .

Figura 1.8 - Representação do balanço de forças na direção axial, sobre o subcanal i

A equação de conservação de quantidade de movimento axial é dada por:

$$\frac{\partial u_i}{\partial z} \Delta z = \frac{1}{\dot{m}_i} \left[\sum_{j=1}^m [(\omega_{ij} - \omega'_{ij}) (u_i - u_j)] - \left(\rho_i g + \frac{f_i}{2\rho_i De_i} \left(\frac{\dot{m}_i}{A_i} \right)^2 + \frac{\partial p}{\partial z} \Delta z \right) A_i \right] \quad (1.5)$$

onde: u_i = velocidade axial do fluido no subcanal i ;
 ρ_i = densidade do fluido;
 f_i = coeficiente de atrito associado ao subcanal i ;
 De_i = diâmetro hidráulico do subcanal i ;
 A_i = área da secção reta do subcanal i ;
 p_i = pressão do fluido no subcanal i .

Ainda, esta equação pode ser reescrita na forma:

$$u_i)_{L+1} = u_i)_{L} + \frac{1}{\dot{m}_i)_{L+1}} \left[\sum_{j=1}^m [(\omega_{ij} + \omega'_{ij}) (u_i - u_j)] - \left(\rho_i g + \frac{f_i}{2\rho_i De_i} \left(\frac{\dot{m}_i}{A_i} \right)^2 \right)_{L+1/2} - [(p_i)_{L+1} - (p_i)_L] A_i)_{L+1/2} \right] \quad (1.6)$$

d) Conservação da Quantidade de Movimento Transversal

Figura 1.9 mostra as forças envolvidas no volume de controle associado ao escoamento transversal entre os subcanais i e j .

Figura 1.9 - Representação do volume de controle transversal e do balanço de forças.

A equação de conservação da quantidade de movimento transversal é:

$$\frac{\partial(u_i \omega_{ij})}{\partial z} = - \frac{k A_t}{2\rho_i S \Delta y} [|\omega_{ij}| \omega_{ij}] - \frac{S \Delta z}{A_t} \frac{\partial p}{\partial y} \quad (1.7)$$

onde: v_{ij} = velocidade transversal entre os subcanais i e j;

s = espaçamento entre as barras (gap);

A_t = área do gap;

k = coeficiente de resistência do escoamento transversal.

A equação (1.7) em diferenças finitas é:

$$(u_i \omega_{ij})_{L+1} = (u_i \omega_{ij})_L - \frac{k A_t}{2\rho_i S \Delta y} [|\omega_{ij}| \omega_{ij}]_{L+1/2} - \frac{S \Delta z}{A_t} (p_i - p_j)_{L+1/2} \quad (1.8)$$

1.3 - Resumo do Trabalho

O presente trabalho consiste no desenvolvimento de um modelo determinístico para a obtenção dos campos de velocidade e de temperatura para o escoamento de refrigerante em elementos combustíveis de reatores LMFBR, do tipo apresentado. O modelo de solução elimina a necessidade das equações de quantidade de movimento, conforme é discutido no capítulo III.

É desenvolvido um programa, chamado ATHEL - Análise Termohidráulica de Escoamentos em Feixes de Barras com Espaçadores Helicoidais, para simulação em regime permanente.

Capítulo IV fornece os resultados obtidos, comparado com resultados experimentais apresentados na literatura. São simuladas, também, algumas aplicações, para diversas distribuições de potência sobre o elemento combustível.

Comentários e considerações finais são apresentados no Capítulo V.

CAPÍTULO II - REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão, os recentes esforços analíticos e experimentais, para caracterizar os campos do escoamento e temperatura do fluido refrigerante no interior de feixes de barras de elementos combustíveis de reatores do tipo LMFBR, são apresentados e é analisado o atual estado de conhecimento do setor. Foi realizado um esforço de correlacionar estes trabalhos num quadro coerente.

2.1 - Modelos Teóricos

A formulação de um modelo teórico tem por objetivo sua utilização no desenvolvimento de um código computacional que permita simulações do comportamento termohidráulico do núcleo. Diversos programas, baseados em diferentes modelos teóricos, tem sido propostos. Os principais são discutidos a seguir:

a. - COBRA [4] [5]

As mais recentes versões deste programa são o COBRA-III C [4] e COBRA IV [5], que executam a análise de subcanais resolvendo simultaneamente as equações da continuidade, energia e quantidade de movimento nas direções axial e transversal. Em tais métodos, assume-se explicitamente que a componente axial da velocidade é predominante, comparada com as componentes transversais. Esse fato trás uma vantagem tanto do ponto de vista físico como do computacional, pois pode-se tratar as equações de quantidade de movimento axial separadamente, permitindo simplificação na equação de quantidade de movimento transversal.

São considerados dados de entrada a distribuição de pressão e entalpia na entrada do elemento combustível. A pressão na saída

é admitida como sendo uniforme. Para satisfazer a condição de pres são uniforme na saída, as velocidades na entrada dos subcanais são ajustadas por um processo iterativo.

O programa incorpora o transporte convectivo de entalpia de vido ao escoamento transversal e devido à mistura turbulenta entre dois subcanais adjacentes.

Sua utilização, entretanto, exige grande espaço de memória e tempos longos de execução em computadores de grande porte.

b - THI 3D [6] [42]

O código THI 3D, assim como o COBRA, é baseado em análise de subcanais, propondo-se a resolver o problema de valor no contorno. Analogamente ao COBRA, as condições consideradas como sendo conhe cidas são a entalpia e pressão na entrada. A distribuição do escoamento na entrada é iterativamente calculada até que a distribuição de pressão na saída seja uniforme. Devido à complexidade gerada pe la presença das helicoidais, o programa utiliza informações empíri cas do escoamento desviado para simular o escoamento transversal.

Este programa admite a utilização de subcanais hexagonais em torno de cada barra ou subcanais triangulares, conforme definido. Canais hexagonais conduzem a uma redução no número de canais. Isso implica em uma diminuição do tempo de computação. Mesmo assim, o tempo de máquina é excessivamente longo. Por exemplo, de acordo com a ref. [3], o tempo de execução para um feixe de 217 barras, é em torno de 1 hr/iteração e, cada corrida necessita mais ou menos de 4 iterações.

c - COMMIX - 1 [7] [8]

COMMIX é um código que emprega um modelo físico de meio poro

so. As equações básicas de continuidade, quantidade de movimento e energia são desenvolvidas para um volume de controle, onde são distribuídos o meio fluido (refrigerante) e corpos sólidos (feixe de barras e helicoidais). Para isso, são definidas e incluídas nas equações a porosidade volumétrica, permeabilidade superficial, resistência distribuída e fontes de calor.

O código é aplicável tanto a um meio contínuo (câmaras plenas, tubulações, etc.) quanto para um meio quase contínuo (feixes de barras, gerador de vapor, etc.). Meio contínuo é definido como sendo um meio onde todas as estruturas sólidas existentes são especificadas como contorno do domínio em estudo. Meio quase-contínuo é aquele onde estruturas sólidas são encontradas no interior do domínio do fluido, sem serem especificadas como contorno do domínio.

Um meio poroso pode ser facilmente reduzido a um meio contínuo, tomando-se a porosidade volumétrica e a permeabilidade superficial igual à unidade e a resistência distribuída como sendo nula. Isto permite que o código seja usado para as duas classes de problemas.

Além desse fato, outra vantagem do modelo de meio poroso em relação ao método de análise de subcanal, é o fato de usar volúmes de controle geometricamente similares e coordenadas ortogonais.

d - ENERGY |9| |10| |12|

Este modelo, apesar de ser considerado como simplificado, difere dos outros modelos de análise de subcanais por duas razões. Primeiro, o feixe de barras é dividido em duas regiões predominantes: a região central e a região periférica, conforme mostrado na

Fig. 2.1. Segundo, ambas as regiões são tratadas como sendo um meio contínuo, tomando-se o feixe de barras como sendo um meio po-
roso.

Figura 2.1 - Subdivisão no ENERGY

O modelo considera que a região central tem uma velocidade axial uniforme e a troca convectiva de entalpia é totalmente incorporada em um termo de mistura turbulenta entre as malhas dessa região, impondo-se que, em um passo da helicoidal, o fluxo transversal líquido entre os subcanais é nulo. Essa troca gera um parâmetro de difusão turbulenta (ϵ) que deve ser determinado experimentalmente. Assume-se que a região periférica tem velocidades axial e tangenciais uniformes. Um fator de distribuição de escoamento deve ser fornecido como dado de entrada. A geração de calor nas barras é representada por uma fonte de calor contínua.

A condição de contorno de acoplamento entre as duas regiões requer que a temperatura e o fluxo de calor sejam contínuos através dessa fronteira. As equações da energia são escritas em diferenças finitas para as duas regiões, sendo a malha da região central formada por triângulos equiláteros e por retângulos na região

periférica.

Para determinar os fatores de redistribuição do escoamento entre as duas regiões, diferentes métodos podem ser empregados [11] [38] [43].

Uma nova versão do ENERGY foi recentemente divulgada com a denominação de SPAC [12]. Consiste em um programa otimizado, diminuindo-se, assim, o tempo de CPU e o espaço de armazenamento das versões anteriores.

e - FORCMX [13]

O código foi desenvolvido pela Atomic International (AI) para incorporar um extenso volume de dados experimentais em um esquema computacional explícito. O código assume a área do subcanal inalterada pela presença da helicoidal, resultando em uma velocidade axial média constante para os canais internos. As velocidades, na vizinhança das paredes do duto hexagonal, são corrigidas (redistribuídas) usando-se um modelo de escoamento potencial. Esse modelo é ajustado pelos dados experimentais do perfil de velocidade axial no feixe, da componente transversal da velocidade próxima a parede e do gradiente axial de pressão.

Com esse campo de escoamento, a equação da energia é resolvida. Os resultados apresentam valores razoáveis para a distribuição de temperatura e uma grande economia de tempo e armazenagem computacional.

f - FULMIX [14] [15]

Este programa foi desenvolvido pela G.E., a partir do código GE-BRD. É desenvolvido um modelo para o escoamento transversal, onde uma fração (C_s) do escoamento axial é carregado transversalmente.

te através do gap pelo arame. Esse escoamento é dado por:

$$W_{ij} = C_s \dot{m}_i \frac{A_t}{A_i} \frac{\Delta z}{H} \quad (2.1)$$

onde: A_t = área transversal do gap;

A_i = área do subcanal i .

Este código, inicialmente, considerava a área do subcanal inalterada em função da posição da helicoidal e, conseqüentemente, a vazão axial possuía um valor uniforme. Uma nova versão do FULMIX [15] utiliza a área variável com a posição. Neste código, para cada posição axial, a imposição das equações da continuidade e da energia é efetuada por um processo iterativo.

g - ORRIBLE [16]

ORRIBLE foi especificamente escrito para correlacionar dados obtidos pelo FFM/ORML, usando um feixe de 19-barras com espaçadores helicoidais.

Uma característica deste código é a eliminação da pressão na equação de quantidade de movimento axial, expressando-se o escoamento transversal desviado pelo espaçamento entre as barras como uma função da velocidade axial do subcanal adjacente. Esta relação é obtida assumindo que

$$W_{ij} \sim (\Delta p)^{1/2} \quad (2.2)$$

A equação resultante expressa uma relação entre o escoamento transversal local e as velocidades axiais nos dois subcanais adjacentes. O escoamento transversal é dado como sendo proporcional à velocidade axial do fluido no subcanal do qual o espaçador está saindo. Essa proporcionalidade é definida pela inclinação da helicoidal.

É incluída a difusão turbulenta, admitida como sendo propor

cional à soma das velocidades axiais dos dois subcanais adjacentes.

h - COTEC [17]

Este código, desenvolvido pela WARD, propõe um modelo de mistura de massa e entalpia entre os subcanais adjacentes para substituir a equação de quantidade de movimento na análise de subcanais. Os fenômenos de escoamentos desviado e direcionado são dependentes da posição relativa do espaçador helicoidal. Desses dois fenômenos resultam trocas líquidas de fluido e entalpia entre subcanais adjacentes. Nos fenômenos de mistura turbulenta e condução térmica de calor, somente existe troca líquida de entalpia entre os subcanais adjacentes. O código necessita de um processo de iteração transversal para satisfazer a continuidade.

Tabela 2.1 - Códigos Computacionais para Feixes
de Barras com Espaçadores Helicoidais

NOME	AUTOR	INSTITUIÇÃO	TIPO
COBRA	Rowe [4]	BNWL	Análise de subcanal 4 equações
THI - 3D	Sha [6]	ANL	Análise de subcanal 4 equações
COMMIX	Sha et al [7]	ANL	Corpo poroso 4 equações
ENERGY	Khan et al [9]	MIT	Corpo poroso 1 equação, 2 zonas
FULMIX	Magee [14]	G.E.	Análise de subcanais 1 equação
ORRIBLE	Wantland [16]	ORNL	Análise de subcanais 1 equação
COTEC	Novendstern [17]	WARD	Análise de subcanais 1 equação
FORCMX	Graves e Catton [13]	AI	Análise de subcanais 1 equação

Não são disponíveis maiores informações sobre este programa.

Em geral, os modelos discutidos apresentam dois tipos de inconvenientes: 1) tempo de execução e áreas de memória excessivas, quando se trata de resolver o sistema completo das quatro equações diferenciais; 2) faixa de aplicabilidade restrita, quando existe a dependência de uma grande diversificação de resultados experimentais.

Tabela 2.1 apresenta um resumo dos programas descritos.

2.2 - Estudos Experimentais

Os trabalhos experimentais, normalmente executados em testes de simulação do comportamento de elementos combustíveis de reatores rápidos, utilizam escoamento de sódio, água ou ar.

Experiências com sódio são extremamente caras e devem possuir um alto grau de confiabilidade. Utilização da água ou do ar como fluidos de trabalho possuem menor grau de complexidade e são menos onerosas. Entretanto, como a condutividade térmica da água e do ar são muito diferentes da condutividade térmica do sódio, as medidas efetuadas são usadas somente no estudo das características hidrodinâmicas do escoamento do sódio. Tais características são expressas pelos seguintes parâmetros: pressão estática, tensão de cisalhamento, componente transversal do escoamento direcionado devido a presença das helicoidais, distribuição da componente axial da velocidade e parâmetros de turbulência para determinação da mistura (mixing) entre canais. Estudos experimentais envolvendo temperatura e número de Nusselt devem ser realizados com sódio.

Os esforços experimentais são realizados para o desenvolvimento de códigos computacionais. Por exemplo, em alguns códigos, me

didadas das características hidrodinâmicas do escoamento são necessárias, como condições de entrada, para resolver a equação da energia.

a) Pressão estática

A distribuição da pressão estática permite:

- a) a determinação dos coeficientes de atrito, axial e transversal, dos diferentes subcanais, assim como do coeficiente de atrito global;
- b) o desenvolvimento de modelos para o escoamento transversal.

Medidas da distribuição da pressão estática foram efetuadas por Fernandez [19] e Lafay [20].

Para o escoamento totalmente desenvolvido, observou-se experimentalmente, que o comportamento do escoamento é repetitivo em um passo da helicoidal.

As distribuições de pressão, axial e transversal, na face do duto hexagonal, foram medidas em [19] e [20].

Fernandez e Carajilescov [19] e Arwikav [21] apresentam resultados da distribuição de pressão estática na superfície das barras. É interessante notar que as distribuições de todas essas pressões, quando adimensionalizadas na forma do número de Euler, apresentam um comportamento independente no número de Reynolds global do feixe.

A queda de pressão na direção axial é medida em uma série de trabalhos, conforme apresentado na Tabela 2.2. Em alguns desses trabalhos [23] o gradiente de pressão estática ao longo do escoamento foi obtido por medidas efetuadas em posições equivalentes,

com relação às helicoidais. Em outros, [24,25,26] o gradiente foi obtido apenas por tomadas de pressão situadas na entrada e saída.

Tabela 2.2 - Obtenção da Queda de Pressão em Feixes de Barras com Espaçadores Helicoidais

Autor	Refer	Inst.	Número Barras	P/D	H/D	Meio	Faixa de $Re(10^{-3})$
BALLVE	[23]	PUC/RJ	7	1,20	15,0	Ar	4,0-50,0
CHIU	[24]	MIT	61	1,067	4,0 e 8,0	Água	0,197-16,6
REHME	[25]	INR	7-61	1,125-1,417	6,0-45,0	Água	1,0 - 300,0
BISHOP	[26]	UP	19	1,205	8,0-24,0	Água	10,0-100,0

b) Tensão de cisalhamento

A tensão de cisalhamento na superfície das barras (τ_0), que está relacionada com o gradiente de pressão, pode ser usada em modelos de perfis universais de velocidade (lei da parede), com modelos de difusividade turbulenta [27] e com analogias de quantidade de movimento e transferência de calor para determinação do coeficiente de troca de calor convectivo local [28].

O primeiro esforço experimental, na determinação da tensão de cisalhamento na superfície das barras em feixe de arranjo triangular com espaçadores helicoidais, foi feito por Fernandez [29], utilizando a técnica do tubo de Preston.

Chiu et al [18] apresenta uma lista de técnicas de medidas de tensão de cisalhamento em feixe de barras, comentários sobre vantagens e desvantagens, processo de calibração e análise de erro.

c) Velocidade axial do subcanal

Normalmente, a distribuição de velocidade axial pelos subca-

nais é feita através do modelo semi-empírico de Novendstern [11], baseado na hipótese de que a perda de carga em todos os subcanais é a mesma, em considerações geométricas e que o coeficiente de atrito em cada subcanal é dado por $f_i = c \cdot R_{e_i}^{-m}$. Esses coeficientes são determinados a partir de dados experimentais do gradiente de pressão axial. Desta forma, determina-se a distribuição do escoamento para que essas condições sejam obedecidas.

A distribuição da velocidade axial nos subcanais pode ser obtida pelo método isocinético, o qual foi utilizado por Chiu et al [30].

O critério para o escoamento isocinético é que a pressão estática na saída do subcanal medido é igual a pressão estática em toda a vizinhança. Esse critério assegura que a pressão estática e, por isso, a vazão em massa coletada na saída do subcanal medido não foram perturbadas pela instalação do instrumento de medida.

Com isso, obtém-se a distribuição de escoamento entre os subcanais internos e os laterais. Os resultados encontram-se na referência [30].

d) Escoamento transversal

A velocidade transversal, induzida pelos espaçadores helicoidais, é fundamental para o processo de mistura entre subcanais do feixe. Os diferentes tipos de escoamentos transversais, identificados por Rogers e Todreas [1], podem ser tratados como termos de grande difusividade turbulenta de quantidade de movimento [9][10], os quais trocam uma quantidade nula de fluido entre os subcanais adjacentes, ao longo de um passo da helicoidal.

Para quantificar esses processos de mistura, são realizadas medidas diretas da velocidade ou experiências com traçadores (tracer experiments).

A medida direta da velocidade pode ser feita utilizando-se tubo de Pitot [18]; LDA (Laser Doppler Anemometer) [31], ou traçadores [18] [20] [32] [33].

Observando-se esses resultados, pode-se enumerar algumas características importantes desse escoamento:

- a) tanto o comportamento da velocidade axial quanto da velocidade transversal são cíclicos;
- b) ao longo de um passo da helicoidal, a troca transversal de massa, entre dois subcanais internos, é aproximadamente nula;
- c) em contraste, na região periférica, o escoamento transversal é unidirecional, ao longo de um passo da helicoidal;
- d) existe um grande fluxo transversal de massa, por baixo do espaçador, quando este atravessa o 'gap', acompanhando sua direção.

Essas informações experimentais são fundamentais para o desenvolvimento de modelos semi-empíricos e geométricos que determinam as velocidades axiais e transversais nos subcanais.

Propostas de modelos de distribuição do escoamento podem ser encontradas nas referências [1] [11] [30] [32] [34] e [35].

e) Temperatura

Medidas da temperatura do fluido refrigerante, no interior

de feixe de barras com espaçadores helicoidais, devem ser realizados utilizando sódio como fluido de trabalho. Os problemas técnicos envolvidos na instalação dos termopares são algumas das dificuldades envolvidas nesse aparato experimental.

Fontana [36] apresenta resultados da distribuição de temperatura na face do duto hexagonal para um feixe de 19 barras. São fornecidas distribuições de temperatura transversal e axial. Fontana [37] mostra resultados experimentais da distribuição de temperatura nos subcanais periféricos.

CAPÍTULO III - MODELO TEÓRICO

A solução do balanço de energia, para a obtenção da distribuição térmica no elemento combustível, depende, fundamentalmente, do modo como se distribui o escoamento entre os subcanais do feixe, do movimento transversal do fluido, ao longo do comprimento, assim como da mistura turbulenta do escoamento.

O método de solução se constitui de três modelos distintos.

Inicialmente desenvolve-se um modelo de redistribuição do escoamento axial, entre os diferentes subcanais, baseado na queda de pressão em um passo da helicoidal.

Em seguida, as equações da conservação de massa, aplicados para cada um dos subcanais, são combinadas com um modelo que permite a obtenção da vazão no 'gap' com presença do arame, para a determinação do campo do escoamento transversal.

Finalmente, a equação da energia é resolvida, incluindo um termo de difusão turbulenta de calor.

3.1 - Modelo de Redistribuição do Escoamento

Redistribuição do escoamento consiste em se estabelecer a velocidade axial do escoamento; u_i ($i = 1, 2, 3$), para cada tipo de subcanal do elemento combustível ($i = 1$, subcanal interno; $i = 2$, subcanal lateral; $i = 3$, subcanal de canto).

Até a presente data, existem dois modelos principais para obtenção destas velocidades. O modelo de Novendstern [11] é baseado na hipótese de que o coeficiente de atrito em todos os subcanais obedece a mesma relação, enquanto que o modelo de Chiu et al [30], estendido por Hawley et al [38], estabelece relações para

redistribuição do escoamento, considerando quedas de pressão devido a arrasto nos arames helicoidais e atrito nas varetas e paredes. Tais modelos empíricos ou semi-empíricos levam a correlações complexas ou que não podem ser estendidas para grandes valores de P/D e H/D .

Estas limitações são superadas pelo modelo a ser apresentado.

A hipótese básica para a obtenção da distribuição consiste em assumir que ao longo do caminho do escoamento, a perda de carga pode ser calculada admitindo-se coeficientes de atrito de geometrias retas.

Desta forma, ao longo do processo de um subcanal i , os coeficientes de atrito podem ser postos na forma:

$$f_i^* = M_i^* (Re_i^*)^{s_i} \quad (3.1)$$

O símbolo (*) caracteriza os parâmetros ao longo da trajetória do escoamento. O expoente s_i e o coeficiente M_i^* dependem da geometria do subcanal e do regime do escoamento.

a) - Subcanal Interno

O escoamento em um subcanal interno pode ser representado pelo seguinte esquema:

onde:

V_i = velocidade do escoamento ao longo da trajetória

u_i = componente axial da velocidade

v_{ij} = componente transversal da velocidade

α = ângulo entre o eixo da barra e a direção do escoamento

A relação entre a velocidade do escoamento e sua componente axial é dada por:

$$V_1 = \psi u_1 \quad (3.2)$$

onde o índice 1 representa o subcanal interno (tipo 1), e ψ é definido como sendo $\psi = 1/\cos \alpha$.

Se A_1 for a área da secção reta do subcanal, na direção axial, a área real do subcanal que é atravessada pelo escoamento, A_1^* , é dada por

$$A_1^* = \frac{A_1}{\psi} \quad (3.3)$$

O caminho percorrido pelo fluido, em um passo da hélice, H^* , é dado por:

$$H^* = \psi H, \quad (3.4)$$

onde H é o passo da hélice.

Sendo A_w a área molhada da parede, ao longo de um passo da hélice, dada por

$$A_w = P_{w1} = P_{w1}^* H^*,$$

onde P_{w1} e P_{w1}^* são o perímetro molhado e o perímetro efetivo molhado, respectivamente, obtém-se

$$P_{w1}^* = \frac{P_{w1}}{\psi} \quad (3.5)$$

Considerando-se que a queda de pressão, ao longo de uma hélice do espaçador, deve ser a mesma, seja ao longo do percurso do fluido, seja ao longo da direção axial, pode-se escrever:

$$\Delta p = f_1 \frac{H}{De_1} \cdot \frac{\rho u_1^2}{2 g_0} = f_1^* \frac{H^*}{De_1^*} \cdot \frac{\rho V_1^2}{2 g_0} \quad (3.6)$$

admitindo-se f_1 na forma

$$f_1 = M_1 \operatorname{Re}_1^{s_1} \quad (3.7)$$

Combinando-se as equações (3.1) e (3.7) com a equação (3.6), e considerando que $De_1 = 4 A_1 / P_{\omega_1}$ e $De_1^* = 4 A_1^* / P_{\omega_1}^*$, obtêm-se

$$M_1 = M_1^* \psi^{3+s_1} \quad (3.8)$$

Conhecendo-se o valor de ψ e combinando-se as equações (3.7) e (3.8), pode-se determinar o coeficiente de atrito para o subcanal interno.

b - Subcanal lateral

A trajetória do escoamento, no subcanal lateral, é esquematicamente representada na figura 3.1

Figura 3.1 - Trajetória do escoamento em um subcanal lateral

Ao longo do comprimento h_1 , o escoamento possui uma forte componente transversal de velocidade enquanto que, no comprimento h_2 , ele tem uma tendência a seguir paralelo às barras. Assim, a queda de pressão pode ser dada por:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (3.9)$$

onde Δp_1 é a queda de pressão em h_1 e Δp_2 é a queda de pressão em h_2 . Esta expressão pode ser escrita na forma:

$$f_2 \cdot \frac{H}{De_2} \cdot \frac{\rho u_2^2}{2 g_O} = f_{2,1} \cdot \frac{h_1}{De_{2,1}} \cdot \frac{\rho u_2^2}{2 g_O} + f_{2,2} \cdot \frac{h_2}{De_{2,2}} \cdot \frac{\rho u_2^2}{2 g_O} \quad (3.10)$$

ou ainda:

$$f_2 = \left(\frac{h_1}{H} \right) \left(\frac{De_2}{De_{2,1}} \right) f_{2,1} + \left(\frac{h_2}{H} \right) \left(\frac{De_2}{De_{2,2}} \right) f_{2,2} \quad (3.11)$$

onde: $De_{2,1}$ = diâmetro hidráulico para o subcanal lateral, com a presença da helicoidal;

$De_{2,2}$ = diâmetro hidráulico para o subcanal lateral, sem a presença da helicoidal.

Analogamente a f_1 , o coeficiente de atrito f_2 pode ser colocado na forma

$$f_2 = M_2 \cdot \frac{s_2}{Re_2} \quad (3.12)$$

os coeficientes de atrito $f_{2,1}$ e $f_{2,2}$ também são escritos como:

$$f_{2,1} = M_{2,1} \cdot \frac{s_2}{Re_{2,1}} \quad (3.13)$$

$$f_{2,2} = M_{2,2} \cdot \frac{s_2}{Re_{2,2}}$$

Estas hipóteses reduzem a equação (3.11) a:

$$M_2 = \left(\frac{h_1}{H} \right) \left(\frac{De_2}{De_{2,1}} \right)^{1-s_2} \cdot M_{2,1} + \left(1 - \frac{h_1}{H} \right) \left(\frac{De_2}{De_{2,2}} \right)^{1-s_2} \cdot M_2^* \quad (3.14)$$

Considerando que o escoamento na região de h_1 é análogo ao escoamento no subcanal interno, a equação (3.14) pode ser escrita como:

$$M_2 = \left[\left(\frac{h_1}{H} \right) \left(\frac{De_2}{De_{2,1}} \right)^{1-s_2} \psi^{3+s_2} + \left(1 - \frac{h_1}{H} \right) \left(\frac{De_2}{De_{2,2}} \right)^{1-s_2} \right] M_2^* \quad (3.15)$$

Por simplicidade, tomam-se $(h_1/H) = 1/2$, por se tratar da fração do comprimento ocupada pela helicoidal ao longo de um passo da helicoidal.

c. - Subcanais de canto

O desenvolvimento de uma expressão, para o subcanal de canto, é análogo ao subcanal lateral. O resultado final é:

$$M_3 = \left[\left(\frac{h_1}{H} \right) \left(\frac{De_3}{De_{3,1}} \right)^{1-s_3} \psi^{3+s_3} + \left(1 - \frac{h_1}{H} \right) \left(\frac{De_3}{De_{3,2}} \right)^{1-s_3} \right] M_3^* \quad (3.16)$$

Por razões similares, para o subcanal de canto, $(h_1/H) = 1/6$.

d. - Redistribuição do Escoamento

Defina o fator de redistribuição do escoamento do subcanal i , X_i , na forma;

$$X_i = u_i / u_b \quad (3.17)$$

Desta forma, pode-se escrever:

$$A_T = \sum M_i A_i X_i \quad (3.18)$$

obtendo-se:

$$A_T = \sum_j n_j A_j \left[\frac{M_i}{M_j} \right]^{\frac{1}{2+s_j}} \left[\frac{De_j}{De_i^{1-s_i}} \right]^{\frac{1}{2+s_j}} \left[\frac{Re_b}{De_b} \right]^{\frac{s_i-s_j}{2+s_j}} X_i^{\frac{2+s_i}{2+s_j}} \quad (3.19)$$

e

$$Re_i = Re_b \cdot \frac{De_i}{De_b} \cdot X_i, \quad (3.20)$$

onde o subscrito (b) indica os valores dos parâmetros no feixe, com:

m_i = número de subcanais do tipo i;

A_i = área do subcanal i;

A_T = área total do feixe.

Com o conhecimento dos valores de M_i , as equações (3.19) e (3.20) permitem a obtenção dos fatores de redistribuição do escoamento e dos números de Reynolds, nos diversos subcanais.

Os valores de M_i podem ser obtidos através das equações (3.8), (3.15) e (3.16), desde que se conheça o parâmetro ψ , definido.

O coeficiente de atrito médio no feixe, f_b , é dado por:

$$f_b = \frac{De_b}{De_i} \cdot X_i^2 \cdot f_i \quad (3.21)$$

e - Determinação do Parâmetro ψ

O parâmetro ψ foi determinado usando-se dados disponíveis da queda de pressão para o escoamento turbulento. Estes dados foram correlacionados da seguinte forma:

$$f_b = M_b - Re_b^{-0,25} \quad (3.22)$$

Sendo M_b determinado para o melhor ajuste. Combinando-se as equações (3.19), (3.20) e (3.22), obtêm-se

$$A_T = \sum_j M_j \frac{M_b^{0,571}}{M_j} \frac{De_j^{0,714}}{De_b} \quad (3.23)$$

Substituindo as equações (3.8), (3.15) e (3.16), para M_j , o único parâmetro não conhecido, dessa equação, é ψ .

Parâmetro ψ foi correlacionado da seguinte forma:

$$\psi = 1 + \frac{\xi}{(H/D)^2}^{1/2} \quad (3.24)$$

Valores de ξ , como função de P/D , são apresentados na figura 3.4. Para P/D entre 1,063 e 1,417, ξ pode ser bem representado por

$$\xi = 2\pi^2 (P/D)^7 \quad (3.25)$$

O parâmetro ψ , dado pela equação (3.24), foi usado em regimes de escoamento turbulento e laminar, embora, para sua determinação, os dados disponíveis se refiram apenas ao escoamento turbulento.

Os parâmetros S_i e M_i^* foram considerados como sendo fundamentalmente dependentes da geometria e do tipo de escoamento existente no subcanal.

Para o escoamento turbulento, a equação de Blasius representa uma boa aproximação para a maioria de diferentes tipos de canais. Foi, então, admitido

$$\begin{aligned} S_i &= -0,25 \\ M_i^* &= 0,316 \end{aligned} \quad \text{para } i = 1, 2, 3$$

Para o escoamento laminar, embora o expoente S_i possa ser considerado o mesmo para diferentes tipos de canais, observa-se que o coeficiente M_i^* possui uma forte dependência com a geometria do canal (veja, por exemplo, ref. [40]). Considerando a

Figura 3.2 - Parâmetro ξ como função de P/D

falta de dados experimentais para o escoamento laminar, nesse tipo de geometria, foi admitido

$$\begin{aligned} S_i &= -1,0 & \text{para } i = 1, 2, 3 \\ M_1^* &= 53 \\ M_2^* &= 71 \\ M_3^* &= 96 \end{aligned}$$

As expressões utilizadas para o cálculo dos parâmetros geométricos dos diferentes subcanais são apresentados no Apêndice A.

3.2 - Escoamento Axial

A velocidade axial, em um subcanal i , é dada por:

$$u_i = X_i u_b, \quad (i = 1, 2, 3) \quad (3.26)$$

onde X_i é obtido pelo método apresentado.

Esta velocidade u_i é considerada constante ao longo do comprimento dos subcanais.

3.3 - Modelo de Escoamento Transversal

Figura 3.3 mostra, esquematicamente, a posição das helicoidais quando se avança na direção axial de um incremento de $H/6$, o que corresponde a uma rotação de 60° das helicoidais.

Observa-se que uma secção reta qualquer é repetida em outra posição axial, defasada de um incremento de $H/6$, como se ocorresse uma rotação rígida do conjunto de 60° .

Admitindo o escoamento totalmente desenvolvido, pode-se concluir que o campo de velocidades é repetitivo a cada incremento axial de $H/6$, em posição defasada de 60° .

Este fato implica que é suficiente obter-se o campo de velo

Figura 3.3 - Representação e correspondência entre subcanais de duas seções retas defasadas de uma distância igual a $H/6$

idades transversais ao longo de um comprimento correspondente a $H/6$. A distribuição do escoamento transversal, no comprimento restante, pode ser obtido por nova identificação de situações geométricas correspondentes.

Figura 3.4 - Representação do balanço de massa no subcanal i

Nesta figura:

$\dot{m}_i)_z$ = vazão em massa axial na posição geométrica z , no subcanal i ,

ω_{ij} = vazão em massa transversal entre os subcanais i e j ,
na direção de $i \rightarrow j$

O balanço de massa, para este volume de controle, é dado por:

$$\frac{\partial \dot{m}_i}{\partial z} \Delta z = - \sum_{j=1}^m \omega_{ij} \quad (3.27)$$

Discretizando a equação (3.27), na direção axial, obtém-se:

$$\dot{m}_i)_{L+1} = \dot{m}_i)_L + \sum_{j=1}^m (\omega_{ij})_L \quad (3.28)$$

Sendo a vazão em massa média no feixe dada por:

$$\dot{m}_b = \rho u_b A_T$$

onde:

ρ = densidade;

u_b = velocidade axial média, no feixe;

A_T = área total de escoamento;

a equação (3.28) pode ser escrita na forma adimensional:

$$m_i^*)_{L+1} = m_i^*)_L + \sum_{j=1}^m (\omega_{ij}^*)_L, \quad (3.29)$$

onde: $m_i^* = \dot{m}_i / \dot{m}_b$ e $\omega_{ij}^* = \omega_{ij} / \dot{m}_b$

Equações análogas à eq. (3.29) podem ser escritas para todos os subcanais, formando um conjunto de N_T equações algébricas, onde N_T é o número total de subcanais.

Observa-se, entretanto, que o número de 'gaps' ou de esco-

mentos transversais a serem determinados é igual a M, dado por:

$$M = N_T + N \quad (3.30)$$

onde N é o número de helicoidais (ou de barras).

Desta forma, para a determinação de ω_{ij}^* , são necessárias N equações adicionais.

Considerando que o escoamento transversal, em um 'gap' que contém a helicoidal, deve ser proporcional a inclinação que esta impõe ao escoamento, admite-se que, no 'gap' para o qual existe uma helicoidal se dirigindo, a velocidade transversal é dada por:

$$v_{ij} = c \cdot x_i \cdot u_b \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.31)$$

onde c é um parâmetro empírico a ser determinado.

Para um 'gap' atravessado por uma helicoidal, o escoamento transversal é, então, escrito na forma:

$$\omega_{ij} = \rho v_{ij} A_{ij} \quad (3.32)$$

onde v_{ij} é dado pela eq. (3.31) e A_{ij} é a área transversal do 'gap' na posição considerada.

Aplicando-se a eq. (3.32), obtêm-se as N equações adicionais necessárias.

Considerando que, o campo de escoamentos transversais apenas necessita ser determinado para um comprimento H/6, este comprimento é subdividido em dois elementos de altura de comprimento $\Delta z = H/12$, conforme representado na Fig. 3.5.

O conjunto de equações algébricas, formado pelas equações (3.29) e (3.32), é resolvido, levando-se em consideração a posição das helicoidais em cada um dos comprimentos Δz .

Figura 3.5 - Representação de mudança da posição relativa da helicoidal, para um incremento axial de $H/12$

a - Determinação do Parâmetro C

O valor do coeficiente C , definido na eq. (3.31), foi determinado para satisfazer a distribuição do escoamento periférico, referente aos dados experimentais analisados.

Figuras 3.6 e 3.7 mostram o escoamento transversal periférico, em diferentes situações geométricas, comparados com dados experimentais.

Observa-se pela Fig. 3.8 que o número de passagens (gap) entre a região interna e a periférica varia com o número de barras no feixe. Como cada uma dessas passagens contribui para o escoamento transversal periférico, espera-se que o coeficiente C dependa do tamanho do feixe.

Figura 3.9 mostra a correlação entre o coeficiente C o número de barras.

Figura 3.6 - Comparações do escoamento periférico

Figura 3.7 - Comparações do escoamento periférico

Figura 3.8 - Número de 'gaps' entre a região interna e periférica

Figura 3.9 - Valores de C em função do número de subcanais

Considerando que esta variação do coeficiente C está vinculada ao número de subcanais laterais por face do feixe, pelos motivos expostos, admitiu-se que ele pode ser relacionado com o número de barras através de:

$$C^* = N_{12} \times C \quad (3.33)$$

onde N_{12} = número de subcanais laterais por face.

Figura 3.10 mostra que a correlação de C^* com o número de varreduras assume um valor constante, igual a 0,38, eliminando a sua dependência com o tamanho do feixe, para o caso considerado.

Figura 3.10 - Valor de C^* em função do número de subcanais

A variação de C^* com H/D é apresentada na Fig. 3.11, e pode ser correlacionada na forma:

$$C^* = 0,025 \exp(0,05 H/D) \quad (3.34)$$

Figura 3.11 - Variação do coeficiente C^* em função de H/D

A influência de P/D , neste parâmetro, não pode ser constatada devido a insuficiência de dados experimentais.

3.4 - Modelo de Distribuição de Entalpia

Figura 3.12 mostra, esquematicamente, as taxas de energia que

atravessam a fronteira do volume de controle associado ao subcanal i.

Figura 3.12 - Representação do balanço de energia no subcanal i

O balanço de energia, para este volume de controle, é dado por:

$$\frac{\partial}{\partial z} (\dot{m}_i h_i) \cdot \Delta z + \sum_{j=1}^m (\omega_{ij} h) = \sum_{jk} q'_{kj} \Delta z \quad (3.35)$$

onde: $\dot{m}_i$ = vazão em massa no subcanal i,

h_i = entalpia do subcanal i,

ω_{ij} = vazão em massa transversal, do subcanal i para o j.

O termo de fluxo de calor, q' , pode ser dividido em:

$q'_{i,\ell}$ = geração de calor da barra ℓ , em contato com o subcanal i,

q'_{ij} = difusão de calor entre dois subcanais adjacentes.

A difusão de calor entre dois subcanais vizinhos ocorre devido a duas parcelas: a) difusão molecular e, b) difusão turbulenta. A intensidade da difusão molecular depende apenas das propriedades do fluido e a intensidade da difusão turbulenta depende, principalmente, do número de Reynolds do escoamento. A difusão de calor pode ser representada por:

$$q'_{ij} = A_t \left(k + \rho c_p \epsilon_m \frac{\partial T}{\partial y} \right) \quad (3.36)$$

Esta expressão pode ser reescrita, na forma de diferenças finitas, conforme segue:

$$q'_{ij} = \frac{\rho F (S \Delta z)}{\Delta y} (a_t + \epsilon_H) (h_i - h_j) \quad (3.37)$$

onde: ρ = densidade do fluido;

F = fator de forma geométrico;

S = espaçamento entre as barras (P-D)

Δz = incremento axial;

Δy = distância entre os centróides dos subcanais i e j ;

T = temperatura

h = entalpia

$a_t = \frac{k}{\rho c_p}$ = difusividade térmica molecular;

ϵ_H = difusividade térmica turbulenta.

Adimensionalizando a eq. (3.35) com o fluxo de entalpia na entrada do feixe, definido por $\dot{m}_b h_o$, esta equação, na forma de diferenças finitas, se reduz a:

$$(h_i^*)_{L+1} = (h_i^*)_L + \frac{1}{(\dot{m}_i^*)_L} \left[\sum_j c_o (a_t + \epsilon_H) (h_j^* - h_i^*) + \sum_k q_k^* - \sum_j \omega_{ij}^* (h^* - h_i^*) \right]_L \quad (3.38)$$

onde: $c_o = \frac{\rho F (S \cdot \Delta z)}{\Delta y}$

e os subscritos L e L+1 correspondem as posições genéricas z e $z + \Delta z$, respectivamente.

Na presente análise, o fator de forma F é admitido como sendo igual a 1.0.

a - Determinação do Coeficiente ϵ_H

Estudos sobre o comportamento da difusividade térmica turbulenta, em feixes de barras, tem sido objeto de análise de diversos autores [1] [48]. Admitindo-se as faixas de operação normal de reatores LMFBR ($5 \cdot 10^4 < R_e < 7 \cdot 10^4$), Waters [48] apresenta valores da difusividade térmica turbulenta entre subcanais que atingem uma ordem de grandeza maior que a difusividade molecular, utilizando metal líquido como refrigerante.

Rogers e Todreas [1] sugerem a seguinte correlação para ϵ_H , em feixes de barras:

$$\frac{\epsilon_H}{\nu} \approx R_e \quad f/2 \quad (3.39)$$

onde: ν = viscosidade cinemática do fluido;

R_e = número de Reynolds no feixe;

f = coeficiente de atrito no feixe.

A eq. (3.39) foi testada, no presente modelo, com diferentes constantes de proporcionalidades, mostrado na Fig. 3.13. A constante de proporcionalidade foi determinada pelo ajuste do perfil térmico, apresentando um valor igual a 0,6. A eq. (3.39) pode, então, ser escrita como sendo:

$$\frac{\epsilon_H}{\nu} = 0,6 R_e \quad f/2 \quad (3.40)$$

Esta expressão é adotada no presente método.

Figura 3.13 - Influência do coeficiente ϵ_H no perfil térmico

3.5.- Programa ATHEL

Com base nos modelos desenvolvidos foi escrito o programa ATHEL (Análise Termohidráulica de Escoamentos em Feixes de Bar-com Espaçadores Helicoidais), em linguagem FORTRAN.

Este programa adota a sequência de cálculos, conforme mostra da na Fig. 3.14.

O diagrama de blocos do programa é apresentado no Apêndice B.

A listagem do programa é fornecida no Apêndice C.

O apêndice D apresenta o manual de utilização do programa e a saída para o estudo de um caso típico.

Figura 3.14 - Diagrama de Blocos Simplificado

CAPÍTULO IV - RESULTADOS

Os resultados podem ser divididos em tres partes:

- a) coeficientes de atrito e fatores de redistribuição
- b) distribuição do escoamento transversal
- c) distribuições térmicas típicas.

4.1 - Coeficientes de Atrito e Fatores de Redistribuição

Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6 mostram os resultados obtidos pelo presente método desenvolvido para o cálculo do coe ficiente de atrito e redistribuição do escoamento, comparados com outros resultados analíticos e dados experimentais, para di ferentes P/D , H/D e N .

Observa-se que para o escoamento turbulento, na faixa de $5 \times 10^3 < Re < 10^5$, o maior desvio dos dados experimentais, para todas as situações, foi de 24%. Para o escoamento laminar, o mé todo foi comparado com dados experimentais fornecidos por Chiu et al [30]. Todas as comparações foram consideradas satisfatôri as.

Uma comparação entre os coeficientes de atrito nos subcana-
is dados pelo presente método e os resultados obtidos por Chiu
et al [30] são apresentados na tabela 4.1. O coeficiente de a
trito (turbulento) foi colocado na forma $f_i = M_i Re^{-0,25}$; para
os diversos subcanais.

Em geral, os resultados podem ser considerados satisfatórios,
embora tenha sido observado um grande desvio nos canais latera-
is, para $H/D = 4,0$. Os resultados experimentais para esses coe
ficientes de atrito dependem da determinação precisa dos fato-

res de redistribuição do escoamento. O escoamento no canal de canto foi desprezado na redução dos dados experimentais, o que pode ter induzido erro no valor fornecido do coeficiente de atrito do subcanal lateral.

Tabela 4.1 - Coeficiente de atrito por subcanal

Tipo de Subcanal	$\frac{H}{D} = 4.0$		$\frac{H}{D} = 8.0$	
	Chiu 30	Presente	Chiu 30	Presente
Interno	1,27	1,36	0,593	0,54
Lateral	0,60	0,92	0,390	0,44
Canto	—	0,49	—	0,34

Figuras 4.7 e 4.8 mostram uma comparação entre resultados experimentais e analíticos para os fatores de distribuição do escoamento. Para o escoamento turbulento, o presente método apresenta melhores resultados que o de Novendstern [11]. A mesma comparação, entretanto, não é favorável para o escoamento laminar e $H/D = 4,0$. Os dados experimentais disponíveis, para escoamento laminar, não são suficientes para a calibração de uma correlação confiável levando-se em consideração todos os efeitos geométricos.

Figuras 4.9, 4.10 e 4.11, apresentam, para o escoamento turbulento, os efeitos dos diferentes parâmetros geométricos sobre os fatores de distribuição do escoamento.

Esses resultados fazem parte de uma publicação prévia, que consiste na ref. [44].

Figura 4.1.- Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe

Figura 4.2.- Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe

Figura 4.3 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe

Figura 4.4 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe

Figura 4.5 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe

Figura 4.6 - Comparação com resultados experimentais e outros modelos do coeficiente de atrito médio do feixe

Figura 4.7 - Comparação dos resultados para os fatores de distribuição do escoamento

Figura 4.8 - Comparação dos resultados para os fatores de distribuição do escoamento

Figura 4.11 - Efeitos dos parâmetros geométricos no fator de distribuição do escoamento turbulento, para os subcanais canto

4.2 - Distribuição do Escoamento Transversal

Figuras 4.12 e 4.13 mostram resultados obtidos para o escoamento transversal periférico, em diferentes situações geométricas, comparados com dados experimentais e previsões efetuadas com outros programas. Em geral, os resultados podem ser considerados satisfatórios, embora em algumas situações, por uma questão de interpretação da localização relativa das helicoidais, as curvas apresentem um comportamento defasado.

Figura 4.12 - Comparações do escoamento periférico previsto;
 com dados experimentais e outros modelos de
 simulação

Figura 4.13 - Comparações do escoamento periférico previsto com dados experimentais e outros modelos de simulação

Figuras 4.14 e 4.15 mostram duas secções retas típicas para um arranjo com 19 barras, onde são mostrados os escoamentos transversais em todo o feixe. Destes resultados, observa-se que, além do escoamento líquido periférico, existe um escoamento líquido intenso entre duas metades do hexágono, indicando a necessidade de se considerar o escoamento transversal no balanço de energia, fato este desprezado em alguns dos modelos discutidos, particularmente aqueles que adotam o modelo de meio poroso [43].

$N = 19$
 $P/D = 1,24$
 $H/D = 52$
 $Re = 68500$
 $(V/u_b) \times 10^{-2}$
 POSIÇÃO Z

Figura 4.14 - Distribuição do escoamento transversal para uma posição genérica Z

$N = 19$
 $P/D = 1,24$
 $H/D = 52$
 $Re = 68500$
 $(V/u_b) \times 10^{-2}$
 POSIÇÃO Z + H/12

Figura 4.15 - Distribuição do escoamento transversal para uma posição genérica Z + H/12

Figura 4.16 mostra o comportamento do escoamento transversal, ao longo de um passo da helicoidal, para os três tipos de subcanais. Observa-se que, para o subcanal interno a troca líquida de massa em um passo da helicoidal é nula, enquanto que, para o subcanal lateral e para o subcanal de canto existe um fluxo líquido de massa não nulo.

Figura 4.16 - Distribuição axial do escoamento transversal

4.3 - Distribuição do Fator Local de Acréscimo de Entalpia

Define-se o fator local de acréscimo de entalpia ($F_{\Delta h}$) por:

$$F_{\Delta h} = \frac{\Delta h_{\text{local}}}{\Delta \bar{h}} = \frac{h - \bar{h}_o}{\bar{h}_s - \bar{h}_o}, \quad (4.1)$$

onde:

$\bar{h}_o$ = entalpia média na entrada do feixe;

$\bar{h}_s$ = entalpia média na saída do feixe;

h = entalpia local.

Figura 4.17, 4.18 e 4.19 mostram as distribuições obtidas de $F_{\Delta h}$, para diversas variações radiais de potência, comparadas com dados experimentais e aqueles fornecidos pelos programas THI3D, COTEC e ENERGY. Estes resultados correspondem à seção mostrada na Fig. 4.20.

Figura 4.17 - Comparação do fator local de acréscimo de entalpia para potência uniforme

Figura 4.18 - Comparação do fator local de acréscimo de entalpia para um degrau de 20% de potência radial.

Figura 4.19.- Comparação do fator local de acréscimo de entalpia para um degrau de 300% de potência radial

Figura 4.20 - Secção sobre a qual são feitas as comparações anteriores

Os resultados obtidos podem ser considerados satisfatórios, tendo sido obtidos com reduzido tempo de computação.

As discrepâncias apresentadas na Fig. 4.19 podem ser atribuídas às incertezas quanto às condições que foram realizados os ensaios experimentais.

Figura 4.21 compara o fator local de acréscimo de entalpia entre feixes de 19 e 217 barras. Observa-se que quanto maior for o número de varetas mais uniforme será o perfil térmico.

Figura 4.22 mostra o comportamento do perfil térmico em um feixe de 217 barras, onde são comparados os resultados para uma distribuição de potência axial uniforme e uma distribuição axial senoidal. Observa-se que, no início do feixe ($Z/H = 0,50$), as con

Figura 4.21 - Efeito do número de varetas na distribuição do perfil térmico

tribuições das potências são diferentes, acentuando a distância entre os perfis. Na saída ($Z/H = 1,92$), o fluxo de calor total fornecido foi igual em ambos os casos, fazendo com que os perfis se confundam. Observa-se que a distribuição axial de potên-

cia não produz nenhum efeito na distribuição do perfil térmico, em uma secção.

Figura 4.22 - Efeitos da distribuição senoidal de potência axial no perfil térmico

Figura 4.23 apresenta os perfis térmicos para os casos de distribuições radiais de potência uniforme e lineares sobre a secção.

Para $N=19$ observa-se que, apesar das diferenças nas distribuições de $F_{\Delta h}$, o valor máximo do fator de acréscimo de entalpia é praticamente o mesmo nos casos de perfil uniforme e 20% de variação radial ($\sim 1,20$). Para variação de 300%, observa-se que $(F_{\Delta h})_{\max} = 1,60$. Esta constatação mostra que a presença da helicoidal provoca uma grande homogeneização do perfil térmico.

Figura 4.23 - Efeitos da distribuição radial de potência no perfil térmico

CAPÍTULO V - COMENTÁRIOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objeto do presente trabalho consistiu no estabelecimento de um método de análise termohidráulica de elementos combustíveis, sem as limitações de capacidade de memória e tempos e levados de computação, sem, no entanto, prejudicar excessivamente a qualidade das previsões analíticas.

Para alcançar esta meta, foi necessário o desenvolvimento de três modelos independentes: (1) modelo de redistribuição do escoamento, (2) modelo de escoamento transversal e (3) modelo de mistura térmica turbulenta.

Observou-se que cada um destes modelos é dependente de apenas um parâmetro empírico. Estes parâmetros podem ser determinados por dados experimentais específicos e independentes.

Ainda, o modelo semi-empírico desenvolvido, para obtenção dos coeficientes de atrito e dos fatores de redistribuição do escoamento axial, é extremamente mais simples que os modelos existentes e, quando comparados com os dados experimentais, produziram resultados de excelente qualidade.

Por outro lado a inclusão do modelo de escoamento transversal é fundamental para separar este efeito do processo de mistura turbulenta. Esta divisão permite um melhor entendimento do comportamento da mistura térmica no feixe. Alguns dos modelos discutidos no Capítulo II [43, 13, 17] perdem esse nível de informação, ao simplificarem o escoamento transversal periférico para um valor constante, e tratarem os outros escoamentos transversais como uma parcela de "mixing".

Conforme apresentado no Capítulo IV, os resultados obtidos pelo programa ATHEL são, de maneira geral, satisfatórios quando com

parados com dados experimentais e outros programas computacionais disponíveis. O programa ATHEL pode ser considerado uma alternativa simples para simulações de projeto, quando comparado com os complexos modelos de 4 equações, que envolvem solução simultânea de diversas equações de transportes.

Esta simplicidade, sem dúvida, representa uma sensível economia em tempo de computação. Por exemplo, para um feixe de 217 varas é consumido aproximadamente 30 seg. de tempo real de execução, em um IBM 4341.

Durante o desenvolvimento do projeto de um reator, quando a distribuição de entalpia deve ser analisada para muitas situações diferentes e para diversas configurações, a utilização de complexos programas de simulação torna-se proibitiva pelo tempo de computação envolvido e respectivo custo.

Nestas condições, o programa ATHEL se configura como uma ferramenta ágil, prática e barata.

REFERÊNCIAS

- [1] ROGERS, J.T. e TODREAS, N.E. - "Coolant Interchannel Mixing in Reactor Fuel Rod Bundles Single-Phase Coolants", ASME Winter Meeting (1968)
- [2] GINSBERG, T. - "Forced-Flow Interchannel Mixing Model for Fuel Rod Assemblies Utilizing a Helical Wire-Wrap Spacer System", Nucl. Eng. and Design, Vol. 22 (1972).
- [3] KHAN, E. and TODREAS, N.E. - "A Review of Recent Analytical and Experimental Studies Applicable to LMFBR Fuel and Blanket Assembly Design", MIT-COO-2245-4 (1973).
- [4] ROWE, D.S. - "COBRA III-C: A Digital Computer Program for Steady State and Transient Thermal-Hydraulic Analysis of Rod Bundle Nuclear Fuel Elements", BNWL-1965, (1973).
- [5] WHEELER, C.L. et al - "COBRA IV-I: An Interior Version of COBRA for Thermal-Hydraulic Analysis of Rod Bundle Nuclear Fuel Elements and Core", BNWL-1962-UC-32 (1976).
- [6] SHA, W.T., SCHMITT, R.C. and HUEBOTTER, P.R. - "Boundary-Value Thermal-Hydraulic Analysis of a Reactor Fuel Rod Bundle", Nucl. Eng. and Design, Vol. 59 (1976)
- [7] SHA, W.T. - "An Overview and Rod-Bundle Thermal-Hydraulic Analysis", Nucl. Eng. and Design, Vol. 62 (1980).
- [8] SHA, W.T. et al - "A New Approach for Rod-Bundle Thermal-Hydraulic Analysis", Nucl. Technology, Vol. 46 (1979).
- [9] KHAN, E.U. et al - "A Porous Body Model for Predicting Temperature Distribution in Wire Wrapped Fuel and Blanket Assemblies of a LMFBR", MIT-COO-2245-16TR (1975).
- [10] KHAN, E.U. et al - "Simplified Approach for Predicting Temperature Distribution in Wire Wrapped Assemblies", MIT-COO-2245-5 (1973).
- [11] NOVENDSTERN, E.H. - "Turbulent Flow Pressure Drop Model for Fuel Rod Assemblies Utilizing a Helical Wire-Wrap Spacer System", Nucl. Eng. and Design, Vol. 22 (1972).

- [12] TUYLE, G.J. Van - "The Steady-State Porous-Body Assembly Code (SPAC)", BNL-NUREG-51854 (1983)..
- [13] GRAVES, A.W. and CATTON, I. - "An Explicit Method for Predicting the Thermal Performance of FBR Wire-Wrapped Fuel Rod Assemblies", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol. 15.1 pp. 404 (1972).
- [14] MAGEE, P.M. - "Modeling of Flow Sweeping Effects in Wire-Wrapped Rod Bundles", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol. 15.1 pp. 406 (1972).
- [15] WEI, J.P. - "Prediction of Coolant Mixing and Peripheral Flow in Wire-Wrapped Rod Bundles", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol. 33, pp. 953 (1979).
- [16] WANTLAND, J.L. - "ORRIBLE - A Computer Program for Flow and Temperature Distribution in LMFBR Rod Bundles", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol. 15.1, pp. 407 (1972).
- [17] NOVENDSTERN, E.H. - "Mixing Model for Wire-Wrap Fuel Assemblies", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol. 15.2, pp. 866, (1972).
- [18] CHIU, C., TODREAS, N.E. and MORRIS, R. - "Experimental Techniques for Liquid Metal Cooled Fast Breeder Reactor Fuel Assembly Thermal-Hydraulic Tests", Nucl. Eng. and Design, Vol. 62 (1980).
- [19] FERNANDEZ, E.F. e CARAJILESCOV, P. - "Estudo Experimental da Distribuição da Pressão Estática e da Queda de Pressão Axial em um Feixe de Sete Barras com Espaçadores Helicoidais", PUC/RJ, RI-DEM-02/80, (1980).
- [20] LAFAY, J., MENANT, B. e BARROIL, J. - "Local Pressure Measurements and Peripheral Flow Visualization in a Water 19-Rod Bundle Compared with FLICA II B Calculations: Influence of Helical Wire-Wrap Spacer System", ASME paper 75-HT-22 (1975).
- [21] ARWIKAR, K. and FENECH, H. - "Heat Transfer, Momentum Losses and Flow Mixing in a 61-Tube Bundle with Wire-Wrap", Nucl. Eng. and Design, Vol. 55 (1979)

- [22] SANGSTER, W.A. - "Calculation of Rod Bundle Pressure Loss",
Asme paper 68-WA/HT-35 (1968).
- [23] BALLVE, H., COITINHO, M., FERNANDEZ, E.F., CARAJILESCOV, P.
- "Medidas da Pressão Estática Periférica e da Queda de
Pressão em um Feixe de Barras de Arranjo Triangular com
Espaçadores Helicoidais", PUC/RJ, RI-DEM-04/81 (1981).
- [24] CHIU, C., TODREAS, N.E., ROHSENOW, W. - "Pressure Drop
Measurements in LMFBR Wire-Wrapped Blanket Bundles",
Trans. Am. Nucl. Soc., Vol. 33, pp. 541, (1979)
- [25] REHME, K. - "Pressure Drop Correlations for Fuel Element
Spacers", Nucl. Technology, Vol. 17 (1973)
- [26] TONG, L.S. - "Pressure Drop Performance of a Rod Bundle",
em Heat Transfer in Rod Bundle, ASME Winter Annual
Meeting, N.Y. (1968).
- [27] NIJSING, R. - "Heat Exchange and Heat Exchangers with
Liquid Metals", AGARD-LS-57-72 (1972).
- [28] BERTHOUD, J.S. - "Análise Térmica de Escoamentos Axiais em
um Subcanal Típico de Elementos Combustíveis Nucleares",
PUC/RJ, DEM, Tese de Mestrado (1979).
- [29] FERNANDEZ, E.F. e CARAJILESCOV, P. - "Medidas da Tensão de
Cisalhamento Local em um Feixe de Barras com Espaçadores
Helicoidais", COBEM/83, Uberlândia, MG.
- [30] CHIU, C., TODREAS, N.E., ROHSENOW, W. - "Turbulent Flow
Split Model and Supporting Experiments for Wire-Wrapped
Core Assemblies", Nucl. Technology, Vol. 50 (1980)
- [31] WHEELER, C.L., ROWE, D.S., SMITH, J.D. - "An Experimental
Study of Axial and Crossflow Velocity in a 7-Pin Wire-
-Wrapped Bundle", BNWL-1804 (1974).
- [32] COLLINGHAM, R.E., THONE, W.L., MCCORMACK, J.D. - "Coolant
Mixing in a Fuel Pin Assembly Utilizing Helical Wire-
-Wrap Spacers", Nucl. Eng. and Design, Vol. 24 (1973).

- [33] VAN ERP, J.B., CHAWLA, T.C. - "Experimental Evaluatuon of Subchannel Coolant Cross flow in LMFBR Subassemblies with Wire-Wrap Spacers", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol.15.2, (1972).
- [34] BISHOP, A.A., TODREAS, N.E. - "Hydraulic Characteristics of Wire-Wrapped Rod Bundles", Nucl. Eng. and Design, Vol.62 (1980).
- [35] TODREAS, N.E., TURI, J. - "Interchannel Mixing in Wire-Wrapped Liquid Metal Fast Reactor Fuel Assemblies", Nucl. Technology, Vol. 13 (1972).
- [36] FONTANA, M.H. et al - "Temperature Distribution in the Duct Wall of a 19-Rod Simulated LMFBR Fuel Assembly", Trans. Am. Nucl. Soc., V-1 15.1, pp. 409 (1972).
- [37] FONTANA, M.H. et al - "Edge-channel Flow in a 19-Rod LMFBR Fuel Assembly", Trans. Am. Nucl. Soc., Vol.15.2, pp.855 (1972).
- [38] HAWLEY, J.T. et al., "Subchannel and Bundle Friction Factors and Flow Split Parameters for Laminar, Transition and Turbulent Longitudinal Flows in Wire Wrap Spaced Hexagonal Arrays", ANS/ASME/NRC Intern. Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal-Hydraulics, NUREG/CP-0014, Vol. 3, N.Y. (Oct. 1980), pp. 1766-1788.
- [39] ENGEL, F.C. et al., "Laminar, Transition and Turbulent Parallel Flow Pressure Drop Across Wive-Wrap-Spaced Dod Bundles", Nuclear Sci. Eng. 69, pp. 290-296 (1979)
- [40] SCHLICHTING, H., Boundary-Layer Theory, McGraw-Hill, 6a. edição, (1968).
- [41] TONG, L.S., "Pressure Drop Perfomance of a Rod Bundle", em Heat Transfer in Rod Bundles, 1968 ASME Winter Annual Meeting, N.Y.
- [42] SHA, W.T. et al - "THI 3D-I: A Computer Program for Steady-State Thermal-Hydraulic Multichannel Analysis", Report ANL-77-15 (1977).

- [43] KHAN, E.U. et al - "A Porous Body Model for Predicting Temperature Distribution in Wire-Wrapped Fuel Rod Assemblies", Nuclear Eng. and Design. 35 (1975), pp.1-12.
- [44] CARAJILESCOV, P. and FERNANDEZ, E.F. - "Semi-Empirical Model for Friction Factors in LMFBR Wire-Wrapped Rod Bundle", Thermal-Hydraulics of Nucl. Reactors, ASM/ASME/AICHE, Vol. 2 pp. 1318 (1983).
- [45] BASEHORE, K.L. and GEORGE, T.L. - "COBRA IV Comparison with the WARD 11:1 Scale LMFBR Air Flow Test", PNL - 2923(1979).
- [46] BLOCH, M. e CARAJILESCOV - "Perda de Carga e Redistribuição do Escoamento em Subcanais de Canto e Lateral de Elementos Combustíveis de um Reator LMFBR", VII COBEM, Uberlândia-MG, pp. 195 (1983).
- [47] DONARAN, T.E. et al - "COBRA IV Wire Wrap Data Comparison", PNL - 2938 (1979).
- [48] TANG, L.S. and WISMAN, J. - "Thermal Analysis of Pressurized Water Reactors", ANS, 2a. ed. (1979).
- [49] TANG, Y.S. et al - "Thermal Analysis of Liquid Metal Fast Breeder Reactors", AMS (1978).

Apêndice A - Tabelas de parâmetros geométricos
(formulário)

Tabela A.1 - Número de sub-canais

Número de anéis	Número de barras	Número de sub-canais internos	Número de sub-canais laterais	Número de sub-canais canto	Número total de sub-canais
N_r	N	n_1	n_2	n_3	n_t
1	7	6	6	6	18
2	19	24	12	6	42
3	37	54	18	6	78
4	61	96	24	6	126
5	91	150	30	6	186
6	127	216	36	6	258
7	169	294	42	6	342
8	217	384	48	6	438
	N	$(2N+1) - \sqrt{3(4N-1)}$	$\sqrt{3(4N-1)} - 3$	6	$(2N+1) + 3$
N_r	$1 + \sum_{I=1}^{N_r} (6 \cdot I)$	$6N_r^2$	$6N_r$	6	$6(1+N_r+N_r^2)$

Tabela A.2 - Dimensões unitárias médias dos sub-canais

	Área de escoamento A	Perímetro molhado $P\omega$	Diâmetro hi- dráulico De	razão de diâmetros $\phi_{i,j} = \frac{De_i}{De_{i,j}}$
$A_1 = \frac{\pi D^2}{8} \left[\frac{2\sqrt{3}}{\pi} \xi^2 - 1 \right] - \Delta A$	$P\omega_1 = \frac{\pi D}{2} + \Delta P\omega$	$De_1 = \frac{4A_1}{P\omega_1}$
$A_2 = \frac{\pi D^2}{8} \left[\frac{8}{\pi} \xi (\xi - 1/2) - 1 \right] - \Delta A$	$P\omega_2 = \frac{\pi D}{2} \left(\frac{2}{\pi} \xi + 1 \right) + \Delta P\omega$	$De_2 = \frac{4A_2}{P\omega_2}$	$\phi_{2,1} = \frac{1 + (\Delta P\omega / P\omega_2)}{1 - (\Delta A / A_2)}$ $\phi_{2,2} = \frac{1 - (\Delta P\omega / P\omega_2)}{1 + (\Delta A / A_2)}$
$A_3 = \frac{\pi D^2}{24} \left[\frac{8\sqrt{3}}{\pi} (\xi - 1/2)^2 - 1 \right] - \frac{\Delta A}{3}$	$P\omega_3 = \frac{\pi D}{6} \left(\frac{4\sqrt{3}}{\pi} (\xi - 1/2) + 1 \right) + \frac{\Delta P\omega}{3}$	$De_3 = \frac{4A_3}{P\omega_3}$	$\phi_{3,1} = \frac{1 + (\Delta P\omega / 3P\omega_3)}{1 - (\Delta A / 3A_3)}$ $\phi_{3,2} = \frac{1 - (\Delta P\omega / 3P\omega_3)}{1 + (\Delta A / 3A_3)}$
FEIXE	$A_T = n_1 A + n_2 A + n_3 A$	$P\omega_T = n_1 P\omega_1 + n_2 P\omega_2 + n_3 P\omega_3$	$De_T = \frac{4A_T}{P\omega_T}$	

$$\xi = P/D \quad ; \quad \psi^* = \left[1 + \pi^2 \frac{(P/D)^2}{(H/D)^2} \right]^{1/2} \quad ; \quad \Delta A = \frac{\pi D^2}{8} \psi^* (\xi - 1)^2 \quad ; \quad \Delta P\omega = \frac{\pi D}{2} (\xi - 1) \frac{\psi^{*2} + 1}{2} \quad ; \quad A_O = \frac{\pi D^2}{4} (\xi - 1)^2 \psi^*$$

Tabela A.3 - Distâncias entre subcanais

$\Delta y_1 = D \times \xi \left(\frac{\sqrt{3}}{3} \right)$
$\Delta y_2 = D \times \xi$
$\Delta y_{12} = \frac{D}{2} \left[\xi \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{3} \right) - \frac{1}{2} \right]$
$\Delta y_{23} = \frac{D \cdot \xi}{2} \times \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{3} \right)$
$S = D (\xi - 1)$ $\xi = P/D$

Tabela A.4 - Coeficientes de atrito e fatores de distribuição do escoamento por subcanal
(turbulento: $S = 0,25$; $M^* = 0,316$)

	$M_1 = f_i / Re_i^S$	$X_i = u_i / u_b$	Re_i
subcanal interior	$M_1 = (M^* \psi^{3+S})$	$X_1 = \frac{A_T}{\sum_j n_j A_j \left(\frac{M_1}{M_j} \right)^{\frac{1-S}{2+S}} \left(\frac{De_j}{De_1} \right)^{\frac{1-S}{2+S}}}$	$Re_i = Re_T \left[\frac{De_1}{De_T} \right] \cdot X_1$
subcanal lateral	$M_2 = M^* \left[\frac{\phi_{2,1}^{1-S}}{2} \psi^{3+S} + \frac{\phi_{2,2}^{1-S}}{2} \right]$	$X_2 = \frac{A_T}{\sum_j n_j A_j \left(\frac{M_2}{M_j} \right)^{\frac{1-S}{2+S}} \left(\frac{De_j}{De_2} \right)^{\frac{1-S}{2+S}}}$	$Re_2 = Re_T \left[\frac{De_2}{De_T} \right] \cdot X_2$
subcanal canto	$M_3 = M^* \left[\frac{\phi_{3,1}^{1-S}}{6} \psi^{3+S} + \frac{\phi_{3,2}^{1-S}}{6} \right]$	$X_3 = \frac{A_T}{\sum_j n_j A_j \left(\frac{M_3}{M_j} \right)^{\frac{1-S}{2+S}} \left(\frac{De_j}{De_3} \right)^{\frac{1-S}{2+S}}}$	$Re_3 = Re_T \left[\frac{De_3}{De_T} \right] \cdot X_3$
Feixe	$f_T = \left(\frac{De_T}{De_i} \right) X_i^2 \cdot f_i$		

$$\psi = \left[1 + \frac{\xi_O}{(H/D)^2} \right]^{1/2} ; \quad \xi_O = 2 \pi^2 (P/D)^7$$

$Z = 0$ $Z = 0,08$ $Z = 0,17$ $Z = 0,25$ $Z = 0,33$ $Z = 0,42$ $Z = 0,50$ $Z = 0,58$ $Z = 0,67$ $Z = 0,75$ $Z = 0,83$ $Z = 0,92$

Figura A.1 - Evolução das posições relativas das helicoidais em um passo, a cada $\Delta z = H/12$

Apêndice B - Diagrama de Blocos do Programam ATHEL

PROGRAMA PRINCIPAL DE CONTROLE

SUBROTINA GEOMET

SUBROTINA NUMER

SUBROTINA COEF

SUBROTINA INIC

SUBROTINA GAP

SUBROTINA CROSA E CROSSB

SUBROTINA CALOR

SUBROTINA TROCA

SUBROTINA TERA

Apêndice C - Listagem do Programa ATHEL

FILE ATHEL FCRTAN A2 C45/SP (PUT 8108+)

```

C-----DEFINICAO DAS VARIAVEIS-----
C
C      A - AREA DOS SUBCANAIS                - MM2      ATH00010
C      AU - COEF. DA DISTR. AXIAL DE FLUXO DE CALOR - KW/M      ATH00020
C      AT - AREA TOTAL DO ESCAPAMENTO        - MM2      ATH00030
C      B - POSICIONADOR DAS BARRAS           - CONT     ATH00040
C      CC - COEF. DA DISTR. AXIAL DE FLUXO DE CALOR - KW/M      ATH00050
C      CK - CONDUCTIVIDADE TERMICA DO FLUIDO   - W/M.C     ATH00060
C      CKO - CONDUCTIVIDADE TERMICA NA ENTRADA - W/M.C     ATH00070
C      CP - CALOR ESPECIFICO DO FLUIDO        - J/KG.C     ATH00080
C      CPJ - CALOR ESPECIFICO NA ENTRADA      - J/KG.C     ATH00090
C      C  - DIAMETRO DAS BARRAS              - MM        ATH00100
C      DE1 - DIAMETRO HIDRA. - SUBCANAL INTERNO - MM        ATH00110
C      DE2 - DIAMETRO HIDRA. - SUBCANAL LATERAL - MM        ATH00120
C      DE3 - DIAMETRO HIDRA. - SUBCANAL CANTO  - MM        ATH00130
C      DET - DIAMETRO HIDRAULICO TOTAL        - MM        ATH00140
C      DX - INCREMENTO AXIAL POR UNID DE PASSO DA HELIC - ADIM     ATH00150
C      CZ - INCREMENTO AXIAL DUPLO           - MM        ATH00160
C      F1 - COEF. DE ATRITO - SUBCANAL INTERNO - ADIM     ATH00170
C      F2 - COEF. DE ATRITO - SUBCANAL LATERAL - ADIM     ATH00180
C      F3 - COEF. DE ATRITO - SUBCANAL CANTO  - ADIM     ATH00190
C      FT - COEFICIENTE DE ATRITO TOTAL       - ADIM     ATH00200
C      FD1 - FATOR DISTR. ESCAM. - SUBCAN. INTERNO - ADIM     ATH00210
C      FD2 - FATOR DISTR. ESCAM. - SUBCAN. LATERAL - ADIM     ATH00220
C      FD3 - FATOR DISTR. ESCAM. - SUBCAN. CANTO - ADIM     ATH00230
C      H  - ENTALPIA = CP*P                   - ADIM     ATH00240
C      HC - ENTALPIA NA ENTRADA               - J/KG      ATH00250
C      HD - RAZAO DE ASPECTO - PASSO HELICOIDAL (HT/D) - ADIM     ATH00260
C      HT - PASSO DA HELICOIDAL              - MM        ATH00270
C      I  - CONTADOR DOS SUBCANAIS            - CONT     ATH00280
C      J  - CONTADOR DOS SUBC. VIZINHOS AO SUBC. I - CONT     ATH00290
C      JJ - POSICIONADOR DOS SUBCANAIS VIZINHOS - CGAT     ATH00300
C      M  - # DE INCREMENTOS EM UM PASSO DA HELICOIDAL - =        ATH00310
C      MM - # DE INCREMENTOS TOTAL           - =        ATH00320
C      N  - # DE BARRAS NO FEIXE             - =        ATH00330
C      N1 - # DE SUBCANAIS INTERNOS           - =        ATH00340
C      N2 - # DE SUBCANAIS LATERAIS           - =        ATH00350
C      N3 - # DE SUBCANAIS CANTO              - =        ATH00360
C      NT - # DE SUBCANAIS TOTAIS             - =        ATH00370
C      P  - PRESSAO                           - ADIM     ATH00380
C      PO - PRESSAO NA ENTRADA                - ADIM     ATH00390
C      PRE - PRESSAO NA ENTRADA               - BAR      ATH00400
C      PD - RAZAO DE ASPECTO - ARRANJO DAS BARRAS (P/D) - ADIM     ATH00410
C      Q  - FLUXO DE CALOR GERADO NAS BARRAS - ADIM     ATH00420
C      QB - FLUXO DE CALOR GERADO NAS BARRAS - KW/M      ATH00430
C      QE - FLUXO DE CALOR GERADO NAS BARRAS - ADIM     ATH00440
C      RE1 - # DE REYNOLDS - SUBCANAL INTERNO - ADIM     ATH00450
C      RE2 - # DE REYNOLDS - SUBCANAL LATERAL - ADIM     ATH00460
C      RE3 - # DE REYNOLDS - SUBCANAL CANTO  - ADIM     ATH00470
C      RET - # DE REYNOLDS TOTAL              - ADIM     ATH00480
C      RO - DENSIDADE                         - KG/M3     ATH00490
C      ROO - DENSIDADE NA ENTRADA             - KG/M3     ATH00500
C      ROX - DENSIDADE MEDIA NA POSICAO AXIAL - KG/M3     ATH00510
C      T  - TEMPERATURA                       - ADIM     ATH00520
C      TO - TEMPERATURA NA ENTRADA            - CELSI     ATH00530
C      U  - VELOCIDADE AXIAL                  - ADIM     ATH00540
C      UB - VELOCIDADE AXIAL MEDIA            - M/S      ATH00550
C      UM - VAZAO EM MASSA POR SUBCN/VAZAO TOTAL - ADIM     ATH00560
C      VB - VAZAO VOLUMETRICA MEDIA           - M3/S      ATH00570
C      VBM - VAZAO EM MASSA MEDIA             - KG/S      ATH00580
C      VDO - VISCOSIDADE DINAMICA DO FLUIDO NA ENTRADA - =        ATH00590
C      X  - CONTADOR DA POSICAO AXIAL         - CONT     ATH00600
C      X1 - CONTADOR AUXILIAR DA POSICAO AXIAL (X) - CONT     ATH00610
C      X2 - CONTADOR AUXILIAR DA POSICAO AXIAL (X+1/2) - CONT     ATH00620
C      X3 - CONTADOR AUXILIAR DA POSICAO AXIAL (X+1) - CGAT     ATH00630
C      XC - # DE PASSOS DA HELICOIDAL        - =        ATH00640
C      K  - ESCALAMENTO TRANSVERSAL          - ADIM     ATH00650
C      Z  - COORDENADA DA POSICAO AXIAL (Z/HT) - ADIM     ATH00660
C
C-----INICIO DO PROGRAMA PRINCIPAL DE CONTROLE-----
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/GEOL/N,PD,FC,C,HT,NR,
C      *      M,MM,CX,CZ,XC
C      *      COMMON/GE02/DE1,DE2,CE3,DET,
C      *      AM1,AM2,AM3,AT,AD,AIJ,AES
C      *      COMMON/GE03/ASC1,ASC2,ASC3
C      *      COMMON/GE04/Y1,Y2,Y12,Y23,S
C      *      COMMON/GE05/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      *      COMMON/GE06/NF(10),NV(10),NUN(10),NX(6,10)
C      *      COMMON/GE07/NX1(10),NX2(10),NX3(10),NX4(10),NX5(10),
C      *      *      NX6(10)
C      *      COMMON/GE08/NA(10,10),NB(10,10),NC(10,10),ND(10,10),
C      *      *      NE(10,10),NF(10)
C      *      COMMON/GE09/N1T,N2T,N3T,N4T,N5T,N6T
C      *      COMMON/COF1/F121,F122,F131,F132
C      *      COMMON/COF1/PSI,CSA,SENA
C      *      COMMON/HIOR/RE1,RE2,RE3,RET,
C      *      *      F1,F2,F3,FT,
C      *      *      FCL,F02,FC3

```

```

COMMON/VAZA/VD3,CKC,RCO,CPO,
      HO,US,V3N,V8,PO
COMMON/COST/C1,C2,C3,ER1,ER2,ER3
COMMON/DJ3J/TO,PRE,TS
COMMON/SAL/FAT(3),TM(3),DTM,DTM
COMMON/XIAS/X
COMMON/XI4L/XPRC,XPRI,XPR2,XPR3

COMMON/ARR1/JJ(438,3),B(438,3)
COMMON/ARR2/A(1,438)
COMMON/SARR/J(3,438,3),GB(3,217)
COMMON/ENTR/AB(217),CG(217)
COMMON/FLUX/CL(13,217)
COMMON/POSI/2(53)
COMMON/PRES/P(53)
COMMON/TEMP/H(3,438),T(3,438)
COMMON/VELU/U(3,438),W(3,438,438),UM(3,438)

=====PRONAMA PRINCIPAL DE CONTROLE=====
CALL GEOMET
CALL NUMER
CALL COEF
CALL LOCAL
CALL GECAL
CALL INIC
CALL PRES1
DO 200 X=1,MM-1,2
CALL CALOR
CALL TERA
IF (APRO.EQ.C) GOTO 300
IF (X.EQ.XPR1.OR.X.EQ.XPR2.OR.X.EQ.XPR3) GOTO 300
GOTO 301
CALL PRES2
CALL TRGGA
CONTINUE
STOP
END

SUBROUTINE GEOMET
.....CALCULA PARAMETROS GEOMETRICOS DO FEIXE DE BARRAS.....
IMPLICIT INTEGER (X,E)
COMMON/GE01/H,PD,H0,C,HT,NR,
      N,MM,OX,OZ,XC
COMMON/GE02/GE1,GE2,GE3,DET,
      AM1,AP2,AM3,AT,A0,AIJ,AES
COMMON/GE03/ASC1,ASC2,ASC3
COMMON/GE04/Y1,Y2,Y12,Y23,S
COMMON/GE05/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
COMMON/COF1/F121,F122,F131,F132
COMMON/COF1/PS1,COSA,SENA

2 EN=FLOAT(3*(1+N-1))
NK=IFIX(SQRT(FN))
NL=(2*N+1)-NK
N2=NK-3
N3=6
NR=N2/6
NT=(2*N+1)+3
PI=SQRT(1+(3.14*PD/H0)**2)
OA=(3.14*O2**2/8.)*PI*(PD-1.)*2
AO=2.*OA
OP=(3.14*O2/2.)*(PD-1.)*SQRT((PI**2+1.)/2.)
A41=(3.14*O2**2/8.)*(3.4*O/3.14)*PD**2-1.)*-DA
AM2=(3.14*O2**2/8.)*(3.4*O/3.14)*PD*(PD-0.5)-1.)*-DA
A42=(3.14*O2**2/24.)*(3.8*O/3.14)*(PD-0.5)**2-1.)*-DA/3.
AT=N1*AM1+N2*AM2+N3*AM3

```

ATH00950
 ATH00960
 ATH00970
 ATH00980
 ATH00990
 ATH01000
 ATH01010
 ATH01020
 ATH01030
 ATH01040
 ATH01050
 ATH01060
 ATH01070
 ATH01080
 ATH01090
 ATH01100
 ATH01110
 ATH01120
 ATH01130
 ATH01140
 ATH01150
 ATH01160
 ATH01170
 ATH01180
 ATH01190
 ATH01200
 ATH01210
 ATH01220
 ATH01230
 ATH01240
 ATH01250
 ATH01260
 ATH01270
 ATH01280
 ATH01290
 ATH01300
 ATH01310
 ATH01320
 ATH01330
 ATH01340
 ATH01350
 ATH01360
 ATH01370
 ATH01380
 ATH01390
 ATH01400
 ATH01410
 ATH01420
 ATH01430
 ATH01440
 ATH01450
 ATH01460
 ATH01470
 ATH01480
 ATH01490
 ATH01500
 ATH01510
 ATH01520
 ATH01530
 ATH01540
 ATH01550
 ATH01560
 ATH01570
 ATH01580
 ATH01590
 ATH01600
 ATH01610
 ATH01620
 ATH01630
 ATH01640
 ATH01650
 ATH01660
 ATH01670
 ATH01680
 ATH01690
 ATH01700
 ATH01710
 ATH01720
 ATH01730
 ATH01740
 ATH01750
 ATH01760
 ATH01770
 ATH01780
 ATH01790
 ATH01800
 ATH01810
 ATH01820
 ATH01830
 ATH01840
 ATH01850

```

Pw1=(3.14*J/2.)*OP
Pw2=(3.14+C/2.)*(12.+PD/3.14)+1.)*OP
Pw3=(3.14+C/5.)*(16.9/3.14)*(PD-C.5)+1.)*OP/3.
PwT=N1*Pw1+N2*Pw2+N3*Pw3
DE1=4.*A1/Pw1
DE2=4.*A2/Pw2
DE3=4.*A3/Pw3
DEI=4.*AI/PwI
FI21=(1.+OP/Pw2)/(1.-JA/AM2)
FI22=(1.-OP/Pw2)/(1.+JA/AM2)
FI31=(1.+OP/(3.*Pw3))/(1.-DA/(3.*AM3))
FI32=(1.-OP/(3.*Pw3))/(1.+DA/(3.*AM3))
ASC1=AM1+DA
ASC2=AM2+DA
ASC3=AM3+DA/3.
CJA=CGS(ATAN(3.14/HJ))
AIJ=0.5*(U**2*(HJ*(PJ-1.)/12.))
AES=AT/AIJ
C
Y1=C*(0.58*PD)
Y2=C*PD
Y12=(J/2.)*(1.58*PD-0.5)
Y23=1.58*(C*PD/2.)
S=C*(PD-1.)
HI=HU*D
DA=1./FLCAT(A)
UZ=HT/FLCAT(N)
M1=XC*M
N12=N1+N2
N2F=N2/5
C
      RETURN
      END
C=====
C
C
C      SUBROUTINE NUMER
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/UEG1/N,PD,HD,C,HT,NR,
C      *      M,KM,DX,DZ,XC
C      COMMON/UEG3/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      COMMON/UEG5/NF(10),NV(10),NGN(10),NX(6,10)
C      COMMON/UEG7/NX1(10),NX2(10),NX3(10),NX4(10),NX5(10),
C      *      NX6(10)
C      COMMON/UEG9/NA(10,10),NB(10,10),NE(10,10),ND(10,10),
C      *      NI(10)
C      COMMON/UEC7/N1T,N2T,N3T,N4T,N5T,N6T
C
C      2 N12=N1+N2
C      N2F=N2/5
C      NF(1)=0
C      NV(1)=0
C      NJN(1)=0
C      DO 100 L=2,NR+1
C        NF(L)=2*(L-1)-1
C        NV(L)=6*NF(L)
C        NGN(L)=NGN(L-1)+NV(L)
C      100 DO 110 L=2,NR+1
C        NX1(L)=NGN(L-1)+1*NF(L)
C        NX2(L)=NGN(L-1)+2*NF(L)
C        NX3(L)=NGN(L-1)+3*NF(L)
C        NX4(L)=NGN(L-1)+4*NF(L)
C        NX5(L)=NGN(L-1)+5*NF(L)
C        NX6(L)=NGN(L-1)+6*NF(L)
C      110 DO 115 L=2,NR+1
C        DO 116 K=1,6
C          NX(K,L)=NGN(L-1)+K*NF(L)
C      116 CONTINUE
C      115
C
C      LL=NR+2
C      DO 120 K=1,NR
C        NA(LL,K)=NX4(LL-1)-1
C        DO 130 L=LL-1,2,-1
C          NA(L,K)=NA(L+1,K)+2
C      130 CONTINUE
C        LL=LL-1
C      120 CONTINUE
C      IF(N.EQ.7)GOTO 300
C      GOTO 301
C      300 N6(2,1)=0
C        NE(2,1)=0
C        GOTO 302
C      301 LL=NR+1
C        DO 140 K=1,NR-1
C          N8(LL,K)=NX3(LL)+1
C          DO 150 L=LL-1,2,-1
C            N3(L,K)=N6(L+1,K)-2

```

```

ATH01860
ATH01870
ATH01880
ATH01890
ATH01900
ATH01910
ATH01920
ATH01930
ATH01940
ATH01950
ATH01960
ATH01970
ATH01980
ATH01990
ATH02000
ATH02010
ATH02020
ATH02030
ATH02040
ATH02050
ATH02060
ATH02070
ATH02080
ATH02090
ATH02100
ATH02110
ATH02120
ATH02130
ATH02140
ATH02150
ATH02160
ATH02170
ATH02180
ATH02190
ATH02200
ATH02210
ATH02220
ATH02230
ATH02240
ATH02250
ATH02260
ATH02270
ATH02280
ATH02290
ATH02300
ATH02310
ATH02320
ATH02330
ATH02340
ATH02350
ATH02360
ATH02370
ATH02380
ATH02390
ATH02400
ATH02410
ATH02420
ATH02430
ATH02440
ATH02450
ATH02460
ATH02470
ATH02480
ATH02490
ATH02500
ATH02510
ATH02520
ATH02530
ATH02540
ATH02550
ATH02560
ATH02570
ATH02580
ATH02590
ATH02600
ATH02610
ATH02620
ATH02630
ATH02640
ATH02650
ATH02660
ATH02670
ATH02680
ATH02690
ATH02700
ATH02710
ATH02720
ATH02730
ATH02740
ATH02750

```

ATH02760
ATH02770
ATH02780
ATH02790
ATH02800
ATH02810
ATH02820
ATH02830
ATH02840
ATH02850
ATH02860
ATH02870
ATH02880
ATH02890
ATH02900
ATH02910
ATH02920
ATH02930
ATH02940
ATH02950
ATH02960
ATH02970
ATH02980
ATH03000
ATH03010
ATH03020
ATH03030
ATH03040
ATH03050
ATH03060
ATH03070
ATH03080
ATH03090
ATH03100
ATH03110
ATH03120
ATH03130
ATH03140
ATH03150
ATH03160
ATH03170
ATH03180
ATH03190
ATH03200
ATH03210
ATH03220
ATH03230
ATH03240
ATH03250
ATH03260
ATH03270
ATH03280
ATH03290
ATH03300

ATH03310
ATH03320
ATH03330
ATH03340
ATH03350
ATH03360
ATH03370
ATH03380
ATH03390
ATH03400
ATH03410
ATH03420
ATH03430
ATH03440
ATH03450
ATH03460
ATH03470
ATH03480
ATH03490
ATH03500
ATH03510
ATH03520
ATH03530
ATH03540
ATH03550
ATH03560
ATH03570
ATH03580
ATH03590
ATH03600
ATH03610
ATH03620
ATH03630
ATH03640

SUBROUTINE LOCAL

```

C .....FAZ LEITURA DOS ARRANJOS DOS SUBCANAIS E DAS BARRAS.....
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/SEGL/N,PC,HD,D,HT,NR,
C      *      H,MM,DX,CZ,XC
C      COMMON/SELS/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
C
C      DO 130 I=1,N1
C      IFIN.EQ.7) GOTO 140
C      IFIN.EQ.19) GOTO 141
C      IFIN.EQ.61) GOTO 142
C      IFIN.EQ.217)GOTO 143
140 READ(1,500) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,3)
C      GOTO 133
141 READ(3,500) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,3)
C      GOTO 133
142 READ(2,500) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,3)
C      GOTO 133
143 READ(4,500) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,3)
130 CONTINUE
C      DO 131 I=N1+1,N12
C      IFIN.EQ.7) GOTO 150
C      IFIN.EQ.19) GOTO 151
C      IFIN.EQ.61) GOTO 152
C      IFIN.EQ.217)GOTO 153
150 READ(1,501) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,2)
C      GOTO 131
151 READ(3,501) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,2)
C      GOTO 131
152 READ(2,501) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,2)
C      GOTO 131
153 READ(4,501) (JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,2)
131 CONTINUE
C      DO 132 I=N12+1,NF
C      IFIN.EQ.7) GOTO 160
C      IFIN.EQ.19) GOTO 161
C      IFIN.EQ.61) GOTO 162
C      IFIN.EQ.217)GOTO 163
160 READ(1,502) (JJ(I,K),K=1,2),(B(I,K),K=1,1)
C      GOTO 132
161 READ(3,502) (JJ(I,K),K=1,2),(B(I,K),K=1,1)
C      GOTO 132
162 READ(2,502) (JJ(I,K),K=1,2),(B(I,K),K=1,1)
C      GOTO 132
163 READ(4,502) (JJ(I,K),K=1,2),(B(I,K),K=1,1)
132 CONTINUE
C
500 FORMAT(3(2X,13),5X,3(2X,13))
501 FORMAT(3(2X,13),5X,2(2X,13))
502 FORMAT(2(2X,13),12X,13)
C
C      RETURN
C      END
C=====
C
C      SUBROUTINE GECAL
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/SEGL/N,PD,HD,D,HT,NR,
C      *      H,MM,DX,DZ,XC
C      COMMON/SELS/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
C      COMMON/ENTR/AC(217),CG(217)
C
C      DO 100 JB=1,N
C      READ(5,500) BX,A0(33),CG(188)
C
100 CONTINUE
500 FORMAT(1X,13,4X,F5.1,4X,F4.1)
C
C      DO 200 JB=1,N
C      A0(33)=41.0
C      CG(188)=0.0
200 CONTINUE
C
C      RETURN
C      END
C=====

```

ATH03660
 ATH03690
 ATH03700
 ATH03710
 ATH03720
 ATH03730
 ATH03740
 ATH03750
 ATH03760
 ATH03770
 ATH03780
 ATH03790
 ATH03800
 ATH03810
 ATH03820
 ATH03830
 ATH03840
 ATH03850
 ATH03860
 ATH03870
 ATH03880
 ATH03890
 ATH03900
 ATH03910
 ATH03920
 ATH03930
 ATH03940
 ATH03950
 ATH03960
 ATH03970
 ATH03980
 ATH03990
 ATH04000
 ATH04010
 ATH04020
 ATH04030
 ATH04040
 ATH04050
 ATH04060
 ATH04070
 ATH04080
 ATH04090
 ATH04100
 ATH04110
 ATH04120
 ATH04130
 ATH04140
 ATH04150
 ATH04160
 ATH04170
 ATH04180
 ATH04190
 ATH04200
 ATH04210
 ATH04220
 ATH04230
 ATH04240
 ATH04250
 ATH04260
 ATH04270
 ATH04280
 ATH04290
 ATH04300
 ATH04310
 ATH04320
 ATH04330
 ATH04340
 ATH04350
 ATH04360
 ATH04370
 ATH04380
 ATH04390
 ATH04400
 ATH04410
 ATH04420
 ATH04430
 ATH04440
 ATH04450
 ATH04460
 ATH04470
 ATH04480
 ATH04490
 ATH04500
 ATH04510
 ATH04520
 ATH04530

```

C
C
SUBROUTINE GAP
C.....INICIALIZA O ESCOAM TRANSV NO 'GAP' COM ARAME.....
C
      IMPLICIT INTEGER (X,8)
C
      COMMON/GEOL/N,PC,HC,D,HT,NR,
      *      M,MN,CX,CZ,XC
      COMMON/GEQ2/DE1,DE2,DE3,DET,
      *      AM1,AM2,AM3,AT,AD,AIJ,AES
      COMMON/GEJ5/N1,N2,NE,NT,N12,N2F
      COMMON/GEJ5/AF(10),NV(10),NCN(10),NX(6,10)
      COMMON/GEJ7/NX1(10),NX2(10),NX3(10),NX4(10),NX5(10),
      *      NX6(10)
      COMMON/COF1/PS1,COSA,SENA
      COMMON/RIUX/RCL,RE2,RE3,RET,
      *      F1,F2,F3,FT,
      *      FD1,FD2,FD3
      COMMON/VA2A/VDO,CKO,RCO,CPO,
      *      HO,UB,VBM,V3,PO
      COMMON/COST/G1,G2,G3,ER1,ER2,ER3
C
      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
      COMMON/VELU/U(3,438),W(3,438),UM(3,438)
C
C
2   X1=1
    X2=2
C
    TENA=SENA/COSA
    ALT=ROO*UB*AIJ*G1/VBM
C
    NOF=N1+1+0*N2F-1
    NSI=N1+1+5*N2F-1
    N4T=N1+1+4*N2F-1
    A3T=N1+1+3*N2F-1
    N2I=N1+1+2*N2F-1
    N1I=N1+1+1*N2F-1
C
    DHI=1./HC
    CI=1.05*EXP(-54.74*DHI)
    CE=CI/FLCAT(NR)
C
C
    DO 96 X=1,2
      DO 97 I=1,NT
        IF(I.GT.N12) GOTO 299
        KK=3
        GOTO 298
      299      KK=2
      298      DO 98 K=1,KK
                J=JJ(I,K)
                W(X,I,J)=0.
      98        CONTINUE
      97        CONTINUE
      96        CONTINUE
C
    DO 99 L=2,NR+1
      IF(L.EQ.NR+1) GOTO 300
      DO 100 I=NCN(L-1)+1,NX1(L),2
        DO 101 K=1,3
          J=JJ(I,K)
          IF(J.LE.NCN(L)) GOTO 101
          W(X,I,J)=-CE*FD1*TENA*ALT
          W(X,I,J)=-W(X,I,J)
        101      CONTINUE
      100      CONTINUE
C
    DO 103 I=NX1(L)+1,NX2(L),2
      W(X,I,I+1)=CE*FD1*TENA*ALT
      W(X,I+1,I)=-W(X,I,I+1)
    103      CONTINUE
C
      IF(L.EQ.2) GOTO 301
      DO 104 I=NX3(L)-W(L)+2,NX3(L)-1,2
        W(X,I,I+1)=CE*FD1*TENA*ALT
        W(X,I+1,I)=-W(X,I,I+1)
      104      CONTINUE
C
    DO 105 I=NX3(L)+1,NX4(L),2
      DO 106 K=1,3
        J=JJ(I,K)
        IF(J.LE.NCN(L)) GOTO 106
        W(X,I,J)=CE*FD1*TENA*ALT
        W(X,I,J)=-W(X,I,J)
      106      CONTINUE
    105      CONTINUE
C
    DO 107 I=NX4(L)+1,NX5(L),2
      W(X,I,I+1)=CE*FD1*TENA*ALT
      W(X,I+1,I)=-W(X,I,I+1)
    107      CONTINUE
C
      IF(L.EQ.2) GOTO 99
      DO 108 I=NX5(L)+2,NX6(L)-1,2

```

ATH04540
 ATH04550
 ATH04560
 ATH04570
 ATH04580
 ATH04590
 ATH04600
 ATH04610
 ATH04620
 ATH04630
 ATH04640
 ATH04650
 ATH04660
 ATH04670
 ATH04680
 ATH04690
 ATH04700
 ATH04710
 ATH04720
 ATH04730
 ATH04740
 ATH04750
 ATH04760
 ATH04770
 ATH04780
 ATH04790
 ATH04800
 ATH04810
 ATH04820
 ATH04830
 ATH04840
 ATH04850
 ATH04860
 ATH04870
 ATH04880
 ATH04890
 ATH04900
 ATH04910
 ATH04920
 ATH04930
 ATH04940
 ATH04950
 ATH04960
 ATH04970
 ATH04980
 ATH04990
 ATH05000
 ATH05010
 ATH05020
 ATH05030
 ATH05040
 ATH05050
 ATH05060
 ATH05070
 ATH05080
 ATH05090
 ATH05100
 ATH05110
 ATH05120
 ATH05130
 ATH05140
 ATH05150
 ATH05160
 ATH05170
 ATH05180
 ATH05190
 ATH05200
 ATH05210
 ATH05220
 ATH05230
 ATH05240
 ATH05250
 ATH05260
 ATH05270
 ATH05280
 ATH05290
 ATH05300
 ATH05310
 ATH05320
 ATH05330
 ATH05340
 ATH05350
 ATH05360
 ATH05370
 ATH05380
 ATH05390
 ATH05400
 ATH05410
 ATH05420
 ATH05430
 ATH05440
 ATH05450
 ATH05460
 ATH05470
 ATH05480
 ATH05490
 ATH05500


```

      W(X1,I,I+1)=-CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X1,I+1,I)=-W(X1,I,I+1)
108  CONTINUE
C
C 99  CONTINUE
C
      DO 109 I=NI+1,NT
      DO 110 K=1,3
      J=JJ(I,K)
      IF(J.GT.N1) GOTO 110
      W(X1,I,J)=CE*FJ2*TENA*ALT
      W(X1,J,I)=-W(X1,I,J)
110  CONTINUE
109  CONTINUE
C
      DO 111 I=NT+1,NOT
      DO 112 K=1,3
      J=JJ(I,K)
      IF(J.GT.N1) GOTO 112
      W(X1,I,J)=CE*FJ2*TENA*ALT
      W(X1,J,I)=-W(X1,I,J)
112  CONTINUE
111  CONTINUE
C
      DO 113 I=N4T+1,NT-1
      W(X1,I,I+1)=-CE*FJ2*TENA*ALT
      W(X1,I+1,I)=-W(X1,I,I+1)
113  CONTINUE
C
      W(X1,N+T+1,NT-1)=CE*FJ2*TENA*ALT
      W(X1,NT-1,N+T+1)=-W(X1,N+T+1,NT-1)
C
      W(X1,NT,NST)=CE*FJ3*TENA*ALT
      W(X1,NST,NT)=-W(X1,NT,NST)
C
C
      DO 114 I=NX3(NR+1)+1,NX4(NR+1),2
      DO 115 K=1,3
      J=JJ(I,K)
      IF(J.LE.N1) GOTO 115
      W(X1,I,J)=CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X1,J,I)=-W(X1,I,J)
115  CONTINUE
114  CONTINUE
C
      DO 120 L=2,NR+1
C
      DO 121 I=NUN(L-1)+1,NX1(L),2
      W(X2,I,I+1)=CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X2,I+1,I)=-W(X2,I,I+1)
121  CONTINUE
C
      IF(L.EQ.2) GOTO 310
      DO 122 I=NX1(L)+2,NX2(L)-1,2
      W(X2,I,I+1)=CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X2,I+1,I)=-W(X2,I,I+1)
122  CONTINUE
C
310  DO 123 I=NX2(L)+1,NX3(L),2
      DO 124 K=1,3
      J=JJ(I,K)
      IF(J.LE.NUN(L)) GOTO 124
      W(X2,I,J)=CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X2,J,I)=-W(X2,I,J)
124  CONTINUE
123  CONTINUE
C
      DO 125 I=NX3(L)+1,NX4(L),2
      W(X2,I,I+1)=CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X2,I+1,I)=-W(X2,I,I+1)
125  CONTINUE
C
      DO 126 I=NX4(L)+2,NX5(L)-1,2
      W(X2,I,I+1)=CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X2,I+1,I)=-W(X2,I,I+1)
126  CONTINUE
C
      IF(L.EQ.NR+1) GOTO 120
      DO 127 I=NX5(L)+1,NX6(L),2
      DO 128 K=1,3
      J=JJ(I,K)
      IF(J.LE.NUN(L)) GOTO 128
      W(X2,I,J)=CE*FJ1*TENA*ALT
      W(X2,J,I)=-W(X2,I,J)
128  CONTINUE
127  CONTINUE
C
129  CONTINUE
C

```

ATH05510
 ATH05520
 ATH05530
 ATH05540
 ATH05550
 ATH05560
 ATH05570
 ATH05580
 ATH05590
 ATH05600
 ATH05610
 ATH05620
 ATH05630
 ATH05640
 ATH05650
 ATH05660
 ATH05670
 ATH05680
 ATH05690
 ATH05700
 ATH05710
 ATH05720
 ATH05730
 ATH05740
 ATH05750
 ATH05760
 ATH05770
 ATH05780
 ATH05790
 ATH05800
 ATH05810
 ATH05820
 ATH05830
 ATH05840
 ATH05850
 ATH05860
 ATH05870
 ATH05880
 ATH05890
 ATH05900
 ATH05910
 ATH05920
 ATH05930
 ATH05940
 ATH05950
 ATH05960
 ATH05970
 ATH05980
 ATH05990
 ATH06000
 ATH06010
 ATH06020
 ATH06030
 ATH06040
 ATH06050
 ATH06060
 ATH06070
 ATH06080
 ATH06090
 ATH06100
 ATH06110
 ATH06120
 ATH06130
 ATH06140
 ATH06150
 ATH06160
 ATH06170
 ATH06180
 ATH06190
 ATH06200
 ATH06210
 ATH06220
 ATH06230
 ATH06240
 ATH06250
 ATH06260
 ATH06270
 ATH06280
 ATH06290
 ATH06300
 ATH06310
 ATH06320
 ATH06330
 ATH06340
 ATH06350
 ATH06360
 ATH06370
 ATH06380
 ATH06390

```

DO 129 I=NX3(NR+1)+1,NX4(NR+1),2
  DO 130 K=1,3
    J=JJ(I,K)
    IF(J.LE.N1) GOTO 130
    W(X2,I,J)=CE*FJ1*TENA*ALT
    W(X2,I,J)=-W(X2,I,J)
    CONTINUE
  CONTINUE
DO 131 I=NT+1,NT+1
  DO 132 K=1,3
    J=JJ(I,K)
    IF(J.GT.N1) GOTO 132
    W(X2,I,J)=CE*FJ2*TENA*ALT
    W(X2,I,J)=-W(X2,I,J)
    CONTINUE
  CONTINUE
DO 133 I=NT+1,NT+1
  W(X2,I+1,1)=CE*FJ2*TENA*ALT
  W(X2,I+1,1)=-W(X2,I+1,1)
  CONTINUE
  W(X2,NT+1,NT-1)=CE*FJ2*TENA*ALT
  W(X2,NT-1,NT+1)=-W(X2,NT+1,NT-1)
  W(X2,NT,NT)=CE*FJ2*TENA*ALT
  W(X2,NT,NT)=-W(X2,NT,NT)
DO 134 I=NX2(NR+1)+1,NX3(NR+1),2
  DO 135 K=1,3
    J=JJ(I,K)
    IF(J.LE.N1) GOTO 135
    W(X2,I,J)=CE*FJ1*TENA*ALT
    W(X2,I,J)=-W(X2,I,J)
    CONTINUE
  CONTINUE
RETURN
END
C
C
C-----
C
SUBROUTINE INIC
C-----INICIALIZA AS VARIÁVEIS-----
C
  IMPLICIT INTEGER (X,E)
  COMMON/GEOL/N,PD,FD,D,HT,NR,
    *      M,MM,DX,DZ,XC
  COMMON/GE02/CE1,CE2,CE3,DET,
    *      AM1,AM2,AM3,AT,A0,AIJ,AES
  COMMON/GE03/ASC1,ASC2,ASC3
  COMMON/GE05/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
  COMMON/GE06/NF(10),NV(10),NDN(10),NX(6,10)
  COMMON/GE07/NX1(10),NX2(10),NX3(10),NX4(10),NX5(10),
    *      NX6(10)
  COMMON/GE08/NA1(10,10),NB(10,10),NE(10,10),ND(10,10),
    *      NI(10)
  COMMON/GE09/N11,N21,N31,N41,N51,N61
  COMMON/COF1/PSI,CCSA,SENA
  COMMON/HIDK/RE1,RE2,RE3,RET,
    *      F1,F2,F3,FT,
    *      FU1,FU2,FU3
  COMMON/JAZA/VDD,CKJ,KD3,CPO,
    *      HQ,UB,VEM,V8,PO
  COMMON/COST/C1,C2,C3,ER1,ER2,ER3
  COMMON/JAJJ/TD,PKE,TS
  COMMON/SA1/FAT(3),TH(3),OTM,OTH
C
C
  COMMON/ARX/JJ(438,3),B(438,3)
  COMMON/ARE1/A(3,438)
  COMMON/ENTX/AG(217),CC(217)
  COMMON/FLJX/GE(13,217)
  COMMON/POST/Z(50)
  COMMON/PREJ/P(50)
  COMMON/LEAP/H(3,438),T(3,438)
  COMMON/VELU/U(3,438),W(3,438,438),UM(3,438)
C
  DIMENSION SUMA(2)

```

ATH06400
 ATH06410
 ATH06420
 ATH06430
 ATH06440
 ATH06450
 ATH06460
 ATH06470
 ATH06480
 ATH06490
 ATH06500
 ATH06510
 ATH06520
 ATH06530
 ATH06540
 ATH06550
 ATH06560
 ATH06570
 ATH06580
 ATH06590
 ATH06600
 ATH06610
 ATH06620
 ATH06630
 ATH06640
 ATH06650
 ATH06660
 ATH06670
 ATH06680
 ATH06690
 ATH06700
 ATH06710
 ATH06720
 ATH06730
 ATH06740
 ATH06750
 ATH06760
 ATH06770
 ATH06780
 ATH06790
 ATH06800
 ATH06810
 ATH06820
 ATH06830
 ATH06840
 ATH06850
 ATH06860
 ATH06870
 ATH06880
 ATH06890
 ATH06900
 ATH06910
 ATH06920
 ATH06930
 ATH06940
 ATH06950
 ATH06960
 ATH06970
 ATH06980
 ATH06990
 ATH07000
 ATH07010
 ATH07020
 ATH07030
 ATH07040
 ATH07050
 ATH07060
 ATH07070
 ATH07080
 ATH07090
 ATH07100
 ATH07110
 ATH07120
 ATH07130
 ATH07140
 ATH07150
 ATH07160
 ATH07170
 ATH07180
 ATH07190
 ATH07200
 ATH07210
 ATH07220
 ATH07230
 ATH07240
 ATH07250

```

C      VISDIN(G)=10.1235*(0.9453-2.2473*0.0001*G)**(1./3.)*EXP(697.*(0.9453-2.2473*0.0001*G)/(0.273.)))*0.001
*      COND(TG)=10.907-4.00*J.0001*G)*100.
DENS(G)=(0.9453-2.2473*0.0001*G)*1000.
CALEP(G)=(0.9452-1.3300*0.0001*G+1.1044*0.0000001*G**2)*4184.
C      2 C=1.
C      VJO=VISDIN(TJ)
C      LKO=COND(TJ)
C      RDO=DENS(TJ)
C      CPJ=CALEP(TJ)
C      HJ=CPJ*(TJ+273.)
C      UJ=RET*VJO/((DET*Q2)+RDO)
C      VJM=RDO*UJ*(AT*UJ)
C      VJ=UJ*AT*UJ
C      PJ=(2.*PRE*100000.)/(RDO*UJ**2)
C      CALL GAP
C
C      NJT=N1+1+0.42F-1
C      NJT=N1+1+0.42F-1
C      NJT=N1+1+0.42F-1
C      NJT=N1+1+0.42F-1
C      NJT=N1+1+0.42F-1
C      NJT=N1+1+0.42F-1
C      NJT=N1+1+0.42F-1
C
C      ALC=(ASC1-AJ/2.)/(ASC1-AJ)
C      AIS=(ASC1-AJ/2.)/ASC1
C      AC2=ASC2-AJ
C      AC3=ASC3-AJ
C      AR2=ASC2/AC2
C      AR3=ASC3/AC3
C      HR2=1.
C      HR3=2.
C      FA2=(AR2*HR2+1.)/(AR2*HR2+1./PS1)
C      FA3=(AR3*HR3+1.)/(AR3*HR3+1./PS1)
C
C      DO 120 I=1,N1
C          U(1,I)=FJ1
120      U(2,I)=FJ1
C      DO 121 I=N1+1,N12
121      U(1,I)=FJ2
C      DO 123 I=N1+1,N12
123      U(2,I)=FJ2
C      DO 125 I=N12+1,N1
125      U(1,I)=FJ3
C      DO 126 I=N12+1,N1
126      U(2,I)=FJ3
C
C      DO 130 I=1,N1
130      A(1,I)=ASC1-AJ/2.
C      DO 131 I=N1+1,N12
131      A(1,I)=ASC2-AJ/2.
C      DO 132 I=N12+1,N1
132      A(1,I)=ASC2
C      DO 133 I=N12+1,N12
133      A(1,I)=ASC2-AJ
C      DO 134 I=N12+1,N1-1
134      A(1,I)=ASC3
C      DO 135 I=1,N1,2
135      A(2,I)=ASC1-AJ
C      DO 136 I=2,N1,2
136      A(2,I)=ASC1
C      DO 137 I=N1+1,N12
137      A(2,I)=ASC2
C      DO 138 I=N12+1,N12
138      A(2,I)=ASC2-AJ
C      DO 139 I=N12+1,N1-2
139      A(2,I)=ASC3
C      A(1,N1)=ASC3-AJ
C      A(2,N1)=ASC3-AJ/2.
C      A(2,N1-1)=ASC3-AJ/2.
C
C      DO 100 X=1,2
C          SUMA(X)=0.
C          DO 101 I=1,N1
C              UM(X,I)=RDO*UJ*(X,I)*A(X,I)*Q1/VJM
101      SUMA(X)=SUMA(X)+UM(X,I)
C      DO 107 I=1,N1
107      UM(X,I)=UM(X,I)/SUMA(X)
100      CONTINUE
102      CONTINUE
C
C      DO 200 L=2,NR+1
C          DO 140 I=NON(L-1)+1,NON(L)-NF(L)
C              I1=NF(L)
C              U(3,I)=U(1,I1)
C              A(3,I)=A(1,I1)
140      UM(3,I)=UM(1,I1)
200      CONTINUE

```

ATH07260
 ATH07270
 ATH07280
 ATH07290
 ATH07300
 ATH07310
 ATH07320
 ATH07330
 ATH07340
 ATH07350
 ATH07360
 ATH07370
 ATH07380
 ATH07390
 ATH07400
 ATH07410
 ATH07420
 ATH07430
 ATH07440
 ATH07450
 ATH07460
 ATH07470
 ATH07480
 ATH07490
 ATH07500
 ATH07510
 ATH07520
 ATH07530
 ATH07540
 ATH07550
 ATH07560
 ATH07570
 ATH07580
 ATH07590
 ATH07600
 ATH07610
 ATH07620
 ATH07630
 ATH07640
 ATH07650
 ATH07660
 ATH07670
 ATH07680
 ATH07690
 ATH07700
 ATH07710
 ATH07720
 ATH07730
 ATH07740
 ATH07750
 ATH07760
 ATH07770
 ATH07780
 ATH07790
 ATH07800
 ATH07810
 ATH07820
 ATH07830
 ATH07840
 ATH07850
 ATH07860
 ATH07870
 ATH07880
 ATH07890
 ATH07900
 ATH07910
 ATH07920
 ATH07930
 ATH07940
 ATH07950
 ATH07960
 ATH07970
 ATH07980
 ATH07990
 ATH08000
 ATH08010
 ATH08020
 ATH08030
 ATH08040
 ATH08050
 ATH08060
 ATH08070
 ATH08080
 ATH08090
 ATH08100
 ATH08110
 ATH08120
 ATH08130
 ATH08140
 ATH08150
 ATH08160
 ATH08170
 ATH08180
 ATH08190
 ATH08200

```

DO 201 L=2, NR+1
  DO 141 I=NON(L)-NF(1)+1, NON(L)
    DO 142 K=1, NR(L)
      II=NON(L-1)+K
      U(3,I)=U(1,II)
      A(3,I)=A(1,II)
      UM(3,I)=UM(1,II)
142 CONTINUE
141 CONTINUE
201 DO 143 I=NI+1, NI2-N2F
  U(3,I)=U(1,I+N2F)
  A(3,I)=A(1,I+N2F)
  UM(3,I)=UM(1,I+N2F)
143 DO 144 I=NI2-N2F+1, NI2
  II=I-5*N2F
  U(3,I)=U(1,II)
  A(3,I)=A(1,II)
  UM(3,I)=UM(1,II)
144 DO 145 I=NI2+1, NT-1
  U(3,I)=U(1,I+1)
  A(3,I)=A(1,I+1)
  UM(3,I)=UM(1,I+1)
145 C
  U(3,NT)=U(1,NI2+1)
  A(3,NT)=A(1,NI2+1)
  UM(3,NT)=UM(1,NI2+1)
C
DO 150 K=1, NM+1
  Z(X)=FLOAT(X-1)/FLOAT(M)
150 C
DO 151 I=1, NT
  T(1,I)=T0+273.
  H(1,I)=0.
151 C
DO 160 X=1, M+1
  DO 161 BB=1, N
    JE(X,BB)=AG(BB)+CO(BB)*SIN(Z(X)*3.14/FLOAT(XC))
161 CONTINUE
160 CONTINUE
C
SUMAC=0.
DO 165 BB=1, N
  SUMAC=SUMAC+(AJ(BB)+2.*CO(BB)/3.14)
165 CONTINUE
QT=FLOAT(XC)*HT*SUMAC
TS=T0+QT/(CPD*V0M)
DTM=TS-TC
DTH=CPD*DTM
C
CALL CROSA
C
CALL CROSB
C
RETURN
END
C
SUBROUTINE CROSA
C
  IMPLICIT INTEGER (X,Z)
C
  COMMON/CEU1/N,PD,H0,C,HT,NR,
    * M,NM,DX,DZ,XC
  COMMON/CEU5/N1,N2,N3,NT,NI2,N2F
  COMMON/CEU6/NF(10),NV(10),NCNT(10),NX(6,10)
  COMMON/CEU7/NX1(10),NX2(10),NX3(10),NX4(10),NX5(10),
    * NX6(10)
  COMMON/CEU8/NA(10,10),NB(10,10),NE(10,10),ND(10,10),
    * NI(10)
  COMMON/CEU9/N1T,N2T,N3T,N4T,N5T,N6T
  COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
  COMMON/VELU/U(3,438),W(3,438),UM(3,438)
C
  I=NT-1
  J1=N4T+1
  CALL WIC1(I,N4T,J1)
  II=NT-1
  DO 100 I=N4T,N3T+1,-1
    CALL VERA2(I,II,J0,J1,J2)
    CALL WJ1(I,J0,J1,J2)
100 CONTINUE
  I=NT-2
  J1=N3T+1
  CALL WIC1(I,N3T,J1)
C
  Z,PASSO = LATERAL.INTERIO - S.FACE
  DO 110 I=N3T,N4T+1,-1
    CALL VERA1(I,J0,J1,J2)
    CALL WJ1(I,J0,J1,J2)
110 CONTINUE
C

```

ATH08210
 ATH08220
 ATH08230
 ATH08240
 ATH08250
 ATH08260
 ATH08270
 ATH08280
 ATH08290
 ATH08300
 ATH08310
 ATH08320
 ATH08330
 ATH08340
 ATH08350
 ATH08360
 ATH08370
 ATH08380
 ATH08390
 ATH08400
 ATH08410
 ATH08420
 ATH08430
 ATH08440
 ATH08450
 ATH08460
 ATH08470
 ATH08480
 ATH08490
 ATH08500
 ATH08510
 ATH08520
 ATH08530
 ATH08540
 ATH08550
 ATH08560
 ATH08570
 ATH08580
 ATH08590
 ATH08600
 ATH08610
 ATH08620
 ATH08630
 ATH08640
 ATH08650
 ATH08660
 ATH08670
 ATH08680
 ATH08690
 ATH08700
 ATH08710
 ATH08720
 ATH08730
 ATH08740
 ATH08750
 ATH08760
 ATH08770
 ATH08780
 ATH08790
 ATH08800
 ATH08810
 ATH08820
 ATH08830
 ATH08840
 ATH08850
 ATH08860
 ATH08870
 ATH08880
 ATH08890
 ATH08900
 ATH08910
 ATH08920
 ATH08930
 ATH08940
 ATH08950
 ATH08960
 ATH08970
 ATH08980
 ATH08990
 ATH09000
 ATH09010
 ATH09020
 ATH09030
 ATH09040
 ATH09050
 ATH09060
 ATH09070
 ATH09080
 ATH09090
 ATH09100
 ATH09110
 ATH09120
 ATH09130
 ATH09140
 ATH09150

```

C
J1=NST+1
CALL WIGLINT,J1,NST)
DO 120 I=NST+1,NST
DJ 121 K=1,3
J=J1+K
IF (J.LE.N1) J1=J
IF (J.EQ.1+1.OR.J.EQ.N12+1) J2=J
IF (J.EQ.1-1.OR.J.EQ.N1) J2=J
121 CONTINUE
CALL WIGL11,J0,J1,J2)
120 CONTINUE
C
C
IF (N.EQ.7) GOTO 510
KK=0
DO 130 L=NR+1,2,-1
IF (KK.EQ.0) GOTO 330
DJ 131 K=1,KK
I1=NA(L,K)
I2=NA(L,K)-1
I3=NA(L,K+1)
CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)
CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)
CALL WIGL11(I1,I2,J1,J2)
CALL WIGL12(I2,I3,J3,J4)
131 CONTINUE
KK=KK+1
130 CONTINUE
C
C
510 K=1
DO 140 L=NR+1,2,-1
DJ 141 I=NA(L,K),NA(L,K)-NF(L),-1
JJ=I-1
CALL VERA3(I,J0,J1,J2)
CALL WIGL11(I,I-1,J1,J2)
141 CONTINUE
KK=KK+1
140 CONTINUE
C
C
I=NX3(NR+1)
J1=NST
J2=NX3(NR+1)+1
J3=NX3(NR+1)-1
CALL WIGL11(J1,J2,J3)
IF (N.EQ.7) GOTO 511
K=1
DO 150 L=NR,2,-1
I=NX3(L)
J1=NB(L,K)
J2=NX3(L)+1
J3=NX3(L)-1
CALL WIGL11(I,J1,J2,J3)
150 CONTINUE
C
C
511 IF (N.EQ.7) GOTO 500
KK=1
DJ 160 L=NR,2,-1
DJ 161 K=KK,1,-1
IF (N.EQ.1) GOTO 360
I1=NB(L,K)
I2=NB(L,K)-1
I3=NB(L,K+1)
CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)
CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)
CALL WIGL11(I1,I2,J1,J2)
CALL WIGL12(I2,I3,J3,J4)
GOTO 161
I=NB(L,K)
JJ=I-1
CALL VERA3(I,J0,J1,J2)
CALL WIGL11(I,J0,J1,J2)
161 CONTINUE
KK=KK+1
160 CONTINUE
C
C
500 IF (N.EQ.7) GOTO 505
J=NST
DO 170 I=NX3(NR+1),NX3(NR+1)+1,-2
JJ=I-1
JJ=I+1
CALL WIGL11(J,J1,J2)
J=J-1
170 CONTINUE
C
C

```

```

ATH09160
ATH09170
ATH09180
ATH09190
ATH09200
ATH09210
ATH09220
ATH09230
ATH09240
ATH09250
ATH09260
ATH09270
ATH09280
ATH09290
ATH09300
ATH09310
ATH09320
ATH09330
ATH09340
ATH09350
ATH09360
ATH09370
ATH09380
ATH09390
ATH09400
ATH09410
ATH09420
ATH09430
ATH09440
ATH09450
ATH09460
ATH09470
ATH09480
ATH09490
ATH09500
ATH09510
ATH09520
ATH09530
ATH09540
ATH09550
ATH09560
ATH09570
ATH09580
ATH09590
ATH09600
ATH09610
ATH09620
ATH09630
ATH09640
ATH09650
ATH09660
ATH09670
ATH09680
ATH09690
ATH09700
ATH09710
ATH09720
ATH09730
ATH09740
ATH09750
ATH09760
ATH09770
ATH09780
ATH09790
ATH09800
ATH09810
ATH09820
ATH09830
ATH09840
ATH09850
ATH09860
ATH09870
ATH09880
ATH09890
ATH09900
ATH09910
ATH09920
ATH09930
ATH09940
ATH09950
ATH09960
ATH09970
ATH09980
ATH09990
ATH10000
ATH10010
ATH10020
ATH10030
ATH10040
ATH10050

```

505	DO 180 I=N2T,N2T+1,-1	ATH10060
	II=NT-2	ATH10070
	CALL VERA2(I,II,J0,J1,J2)	ATH10080
	CALL WIJ1(I,J0,J1,J2)	ATH10090
180	CONTINUE	ATH10100
	I=NT-3	ATH10110
	J0=N2T	ATH10120
	J1=N2T+1	ATH10130
	CALL WIJ1(I,J0,J1)	ATH10140
C		ATH10150
C		ATH10160
	IF(N.EQ.7)GOTO 501	ATH10170
	KK=NR-1	ATH10180
	DO 200 L=2,NR	ATH10190
	DO 201 K=1,KK	ATH10200
	II=NO(L,K)	ATH10210
	I2=NO(L,K)+1	ATH10220
	I3=NO(L,K+1)	ATH10230
	CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)	ATH10240
	CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)	ATH10250
	CALL WIJ1(I1,I2,J1,J2)	ATH10260
	CALL WIJ1(I2,I3,J3,J4)	ATH10270
201	CONTINUE	ATH10280
	KK=KK-1	ATH10290
200	CONTINUE	ATH10300
C		ATH10310
C		ATH10320
501	K=NR	ATH10330
	DO 210 L=2,NR+1	ATH10340
	I=NO(L,K)	ATH10350
	J0=NI(L)	ATH10360
	CALL VERA3(I,J0,J1,J2)	ATH10370
	CALL WIJ1(I,J0,J1,J2)	ATH10380
	K=K-1	ATH10390
210	CONTINUE	ATH10400
C		ATH10410
C		ATH10420
	DO 220 L=2,NR+1	ATH10430
	DO 221 I=NI(L),NX1(L)	ATH10440
	J0=I+1	ATH10450
	CALL VERA3(I,J0,J1,J2)	ATH10460
	CALL WIJ1(I,J0,J1,J2)	ATH10470
221	CONTINUE	ATH10480
220	CONTINUE	ATH10490
C		ATH10500
C		ATH10510
	IF(N.EQ.7)GOTO 502	ATH10520
	K=NR-1	ATH10530
	DO 230 L=2,NR	ATH10540
	I=NI(L)+1	ATH10550
	J0=NE(L,K)	ATH10560
	CALL VERA3(I,J0,J1,J2)	ATH10570
	CALL WIJ1(I,J0,J1,J2)	ATH10580
	K=K-1	ATH10590
230	CONTINUE	ATH10600
502	I=NX1(NR+1)+1	ATH10610
	J=NI+1	ATH10620
	J1=I-1	ATH10630
	J2=I+1	ATH10640
	CALL WIJ1(I,J,J1,J2)	ATH10650
C		ATH10660
C		ATH10670
	IF(N.EQ.7)GOTO 503	ATH10680
	KK=NR-1	ATH10690
	DO 240 L=2,NR	ATH10700
	DO 241 K=KK,1,-1	ATH10710
	IF(K.EQ.1)GOTO 440	ATH10720
	II=NE(L,K)	ATH10730
	I2=NE(L,K)+1	ATH10740
	I3=NE(L,K-1)	ATH10750
	CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)	ATH10760
	CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)	ATH10770
	CALL WIJ1(I1,I2,J1,J2)	ATH10780
	CALL WIJ1(I2,I3,J3,J4)	ATH10790
	GOTO 241	ATH10800
440	I=NE(L,K)	ATH10810
	J0=I+1	ATH10820
	CALL VERA3(I,J0,J1,J2)	ATH10830
	CALL WIJ1(I,J0,J1,J2)	ATH10840
241	CONTINUE	ATH10850
	KK=KK-1	ATH10860
240	CONTINUE	ATH10870
C		ATH10880
C		ATH10890
503	IF(N.EQ.7)GOTO 504	ATH10900
	J=N2T	ATH10910
	DO 250 I=NX2(NR+1),NX1(NR+1)-3,-2	ATH10920
	J1=I-1	ATH10930
	J2=I+1	ATH10940
	CALL WIJ1(I,J,J1,J2)	ATH10950
	J=J-1	ATH10960
250	CONTINUE	ATH10970
C		ATH10980
C		ATH10990
504	DO 260 I=N2T,NI+1,-1	ATH11000

ATH11010
ATH11020
ATH11030
ATH11040
ATH11050
ATH11060
ATH11070
ATH11080
ATH11090
ATH11100
ATH11110
ATH11120
ATH11130
ATH11140
ATH11150
ATH11160
ATH11170
ATH11180
ATH11190
ATH11200
ATH11210
ATH11220
ATH11230
ATH11240
ATH11250
ATH11260
ATH11270
ATH11280
ATH11290
ATH11300
ATH11310
ATH11320
ATH11330
ATH11340
ATH11350
ATH11360
ATH11370
ATH11380
ATH11390
ATH11400
ATH11410
ATH11420
ATH11430
ATH11440
ATH11450
ATH11460
ATH11470
ATH11480
ATH11490
ATH11500
ATH11510
ATH11520
ATH11530
ATH11540
ATH11550

ATH11560
ATH11570
ATH11580
ATH11590
ATH11600
ATH11610
ATH11620
ATH11630
ATH11640
ATH11650
ATH11660
ATH11670
ATH11680
ATH11690
ATH11700
ATH11710
ATH11720
ATH11730
ATH11740
ATH11750
ATH11760
ATH11770
ATH11780
ATH11790
ATH11800
ATH11810
ATH11820
ATH11830
ATH11840
ATH11850
ATH11860

```

      KK=1
      DO 140 L=NR+1,2,-1
      DO 141 K=1, KK
      I1=NA(I1,K)
      J0=I1+1
      I2=I1-1
      CALL VERAS(I1,J0,J1,J2)
      CALL WIJ2(I1,J0,J1,J2)
      IF(N.EQ.KK)GOTO 141
      I3=NA(I1,K+1)
      CALL VERAS(I2,I3,J3,J4)
      CALL WIJ2(I2,I3,J3,J4)
141  CONTINUE
      KK=KK+1
140  CONTINUE
C
      K=1
      DO 150 L=NR+1,2,-1
      KK=0
      DO 151 I=NX+1(L),NX3(L)+1,-2
      I1=I
      I2=I-1
      IF(I2.EQ.NX3(L))GOTO 350
      JO=NX4(L-1)-KK
      GOTO 351
350  IF(I2.EQ.NX3(L))GOTO 352
      JO=NB(L-1,K)
      GOTO 351
352  JO=NX2(L)
351  CALL VERAS(I1,I2,J1,J2)
      CALL VERAS(I2,J0,J3,J4)
      CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)
      CALL WIJ2(I2,J0,J3,J4)
      KK=KK+2
151  CONTINUE
      K=K+1
150  CONTINUE
C
      IF(N.EQ.7)GOTO 500
      KK=1
      DO 160 L=NR,2,-1
      DO 161 K=KK,1,-1
      I1=NB(L,K)
      I2=I1-1
      IF(I2.EQ.2)GOTO 360
      I3=NB(L-1,K)
      GOTO 361
360  I3=NX2(NR+2-K)
361  CALL VERAS(I1,I2,J1,J2)
      CALL VERAS(I2,I3,J3,J4)
      CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)
      CALL WIJ2(I2,I3,J3,J4)
161  CONTINUE
      KK=KK+1
160  CONTINUE
C
      IF(N.EQ.7)GOTO 501
      KK=NR-1
      DO 170 L=2, NR+1
      IF(L.EQ.NR+1)GOTO 372
      DO 171 K=1, KK
      I1=NB(L,K)
      I2=I1+1
      I3=I2+1
      CALL VERAS(I1,I2,J1,J2)
      CALL VERAS(I2,I3,J3,J4)
      CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)
      CALL WIJ2(I2,I3,J3,J4)
171  CONTINUE
      KK=KK-1
372  I=NX+1(L)
      JO=K+1(L)
      CALL VERAS(I,J0,J1,J2)
      CALL WIJ2(I,J0,J1,J2)
      I=NI(L)
      I2=I-1
      IF(I2.EQ.NR+1)GOTO 370
      JO=NX4(L-1)-KK
      GOTO 351
350  IF(I2.EQ.NX3(L))GOTO 352
      JO=NB(L-1,K)
      GOTO 351
352  JO=NX2(L)
351  CALL VERAS(I1,I2,J1,J2)
      CALL VERAS(I2,J0,J3,J4)
      CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)
      CALL WIJ2(I2,J0,J3,J4)
      KK=KK+2
151  CONTINUE
      K=K+1
150  CONTINUE
C

```

```

ATH11670
ATH11880
ATH11890
ATH11900
ATH11910
ATH11920
ATH11930
ATH11940
ATH11950
ATH11960
ATH11970
ATH11980
ATH11990
ATH12000
ATH12010
ATH12020
ATH12030
ATH12040
ATH12050
ATH12060
ATH12070
ATH12080
ATH12090
ATH12100
ATH12110
ATH12120
ATH12130
ATH12140
ATH12150
ATH12160
ATH12170
ATH12180
ATH12190
ATH12200
ATH12210
ATH12220
ATH12230
ATH12240
ATH12250
ATH12260
ATH12270
ATH12280
ATH12290
ATH12300
ATH12310
ATH12320
ATH12330
ATH12340
ATH12350
ATH12360
ATH12370
ATH12380
ATH12390
ATH12400
ATH12410
ATH12420
ATH12430
ATH12440
ATH12450
ATH12460
ATH12470
ATH12480
ATH12490
ATH12500
ATH12510
ATH12520
ATH12530
ATH12540
ATH12550
ATH12560
ATH12570
ATH12580
ATH12590
ATH12600
ATH12610
ATH12620
ATH12630
ATH12640
ATH12650
ATH12110
ATH12120
ATH12130
ATH12140
ATH12150
ATH12160
ATH12170
ATH12180
ATH12190
ATH12200
ATH12210
ATH12220
ATH12230
ATH12240
ATH12250
ATH12260

```


	IF (N.EQ.7) GOTO 500	ATH12270
	KK=1	ATH12280
	DO 160 L=NR,2,-1	ATH12290
	DO 161 K=KK,1,-1	ATH12300
	I1=ND(L,K)	ATH12310
	I2=I1-1	ATH12320
	IF (L.EQ.2) GOTO 360	ATH12330
	I3=ND(L-1,K)	ATH12340
	GOTO 361	ATH12350
360	I3=NX2(NR+2-K)	ATH12360
351	CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)	ATH12370
	CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)	ATH12380
	CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)	ATH12390
	CALL WIJ2(I2,I3,J3,J4)	ATH12400
161	CONTINUE	ATH12410
	KK=KK+1	ATH12420
160	CONTINUE	ATH12430
C		ATH12440
C		ATH12450
500	IF (N.EQ.7) GOTO 501	ATH12460
	KK=NR-1	ATH12470
	DO 170 L=2,NK+1	ATH12480
	IF (L.EQ.NR+1) GOTO 372	ATH12490
	DO 171 K=1,KK	ATH12500
	I1=ND(L,K)	ATH12510
	I2=I1+1	ATH12520
	I3=I2+1	ATH12530
	CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)	ATH12540
	CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)	ATH12550
	CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)	ATH12560
	CALL WIJ2(I2,I3,J3,J4)	ATH12570
171	CONTINUE	ATH12580
	KK=KK-1	ATH12590
372	I=NX0(I1)	ATH12600
	JO=NI(I1)	ATH12610
	CALL VERA3(I,JO,J1,J2)	ATH12620
	CALL WIJ2(I,JO,J1,J2)	ATH12630
	I=NI(I1)	ATH12640
	IF (L.EQ.NR+1) GOTO 370	ATH12650
	JO=NI(I1+1)	ATH12660
	GOTO 571	ATH12670
370	JO=NI+1	ATH12680
371	CALL VERA3(I,JO,J1,J2)	ATH12690
	CALL WIJ2(I,JO,J1,J2)	ATH12700
170	CONTINUE	ATH12710
	IF (N.EQ.7) GOTO 502	ATH12720
501	L=2	ATH12730
	I=NX0(I1)	ATH12740
	JO=NI(I1)	ATH12750
	CALL VERA3(I,JO,J1,J2)	ATH12760
	CALL WIJ2(I,JO,J1,J2)	ATH12770
	I=NI(I1)	ATH12780
	IF (L.EQ.NR+1) GOTO 375	ATH12790
	JO=NI(I1+1)	ATH12800
	GOTO 376	ATH12810
375	JO=NI+1	ATH12820
376	CALL VERA3(I,JO,J1,J2)	ATH12830
	CALL WIJ2(I,JO,J1,J2)	ATH12840
C		ATH12850
C		ATH12860
502	IF (N.EQ.7) GOTO 503	ATH12870
	DO 180 L=1,NK	ATH12880
	KK=2	ATH12890
	DO 181 I=NI(I1)+1,NX1(I1)-1,2	ATH12900
	I1=I	ATH12910
	I2=I+1	ATH12920
	I3=NI(I1+1)+1+KK	ATH12930
	CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)	ATH12940
	CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)	ATH12950
	CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)	ATH12960
	CALL WIJ2(I2,I3,J3,J4)	ATH12970
	KK=KK+2	ATH12980
181	CONTINUE	ATH12990
180	CONTINUE	ATH13000
	K=1	ATH13010
	DO 182 I=NI(NR+1)+1,NX1(NR+1)-1,2	ATH13020
	I1=I	ATH13030
	I2=I+1	ATH13040
	I3=NI+1+K	ATH13050
	CALL VERA3(I1,I2,J1,J2)	ATH13060
	CALL VERA3(I2,I3,J3,J4)	ATH13070
	CALL WIJ2(I1,I2,J1,J2)	ATH13080
	CALL WIJ2(I2,I3,J3,J4)	ATH13090
	K=K+1	ATH13100
182	CONTINUE	ATH13110
C		ATH13120
C		ATH13130
503	IF (N.EQ.7) GOTO 504	ATH13140
	LL=2	ATH13150
	L=2	ATH13160
	DO 190 K=NR-1,1,-1	ATH13170
	I1=NX2(LL)	ATH13180
	I2=NE(L,K)	ATH13190
	I3=I2-1	ATH13200

```

CALL VERA3(11,12,J1,J2)
CALL VERA3(12,13,J3,J4)
CALL WJ2(11,12,J1,J2)
CALL WJ2(12,13,J3,J4)
LL=LL+1
190 CONTINUE
C
IF (N.EQ.19)GOTO 504
NA=NR-1
DO 191 L=2,NA-1
DO 192 K=KK,2,-1
I1=NE(L,K)-1
I2=NE(L+1,K-1)
I3=I2-1
CALL VERA3(11,12,J1,J2)
CALL VERA3(12,13,J3,J4)
CALL WJ2(11,12,J1,J2)
CALL WJ2(12,13,J3,J4)
192 CONTINUE
KK=KK-1
191 CONTINUE
C
C
C
504 J=NIT
DO 200 I=NX1(NK+1)+1,NX2(NK+1),2
J=J+1
CALL VERA3(I,J,J1,J2)
CALL WJ2(I,J,J1,J2)
200 CONTINUE
C
C
DO 210 I=N2I,NIT+1,-1
I1=NI-3
CALL VERA2(I,I1,J0,J1,J2)
CALL WJ2(I,J0,J1,J2)
210 CONTINUE
I=N12+2
J0=NIT
J1=NIT+1
CALL WJ2(I,J0,J1)
C
C
DO 220 I=NIT,N1+1,-1
I1=N12+2
CALL VERA2(I,I1,J0,J1,J2)
CALL WJ2(I,J0,J1,J2)
220 CONTINUE
RETURN
END
C
SUBROUTINE PRES1
C.....IMPRESSAO DOS RESULTADOS GLOBAIS.....
C
C IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
COMMON/GE01/N,PD,PD,0,HT,NR,
* M,MM,OX,DZ,XC
COMMON/GE02/DEL,DE2,DE3,DEL,
* AM1,AM2,AM3,AT,AD,AIJ,AES
COMMON/GE03/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
COMMON/GE04/NF(10),NV(10),NN(10),NX(6,10)
COMMON/HID1/KEL,KC2,KE3,RET,
* F1,F2,F3,FT,
* FD1,FD2,FD3
COMMON/VA24/VJ0,CK0,RC0,CPO,
* HO,UB,VBM,VS,PO
COMMON/JAGJ/TO,PFE,TS
COMMON/SAI/FAT(3),TH(3),DTH,DTH
COMMON/ARR1/JJ(438,3),B(438,3)
COMMON/FLUX/SEL(13,217)
COMMON/PUS1/Z(50)
C
C
C WRITE(6,500) N,D,PD,HJ,
* N1,N2,N3,NT,
* DEL,DE2,DE3,DEL,
WRITE(6,501) RET,KEL,KE2,KE3,
* FT,F1,F2,F3,
* FD1,FD2,FD3
WRITE(6,502) UB,VBM,VS,PFE,PD,
* TC,TS,VJ0,CK0,R00,CPO
C
500 FORMAT(1H1,/,5X,'PARAMETROS GEOMETRICOS E TERMOHIDRAULICOS MEDICAT',
* 50 FEIXE DE BARRAS',/,/,
15X,'NUMERO DE BARRAS =',I3,/,
15X,'DIAMETRO DA BARRA (MM) =',F6.1,/,
15X,'RAZAO DE ASPECTO - P/D =',F6.2,/,
15X,'RAZAO DE ASPECTO - H/D =',F6.2,/,
15X,'NUMERO DE SUBCANAIS INTERNOS =',I3,/,
15X,'NUMERO DE SUBCANAIS LATERAIS =',I3,/,
15X,'NUMERO DE SUBCANAIS CANTO =',I3,/,
15X,'NUMERO DE SUBCANAIS TOTAL =',I3,/,
15X,'DIAM HIDA SUBC INTERNO (MM) =',F5.2,/,
15X,'DIAM HIDA SUBC LATERAL (MM) =',F5.2,/,
15X,'DIAM HIDA SUBC CANTO (MM) =',F5.2,/,
15X,'DIAMETRO HIDRAULICO TOTAL (MM) =',F5.2,/)
ATH13210
ATH13220
ATH13230
ATH13240
ATH13250
ATH13260
ATH13270
ATH13280
ATH13290
ATH13300
ATH13310
ATH13320
ATH13330
ATH13340
ATH13350
ATH13360
ATH13370
ATH13380
ATH13390
ATH13400
ATH13410
ATH13420
ATH13430
ATH13440
ATH13450
ATH13460
ATH13470
ATH13480
ATH13490
ATH13500
ATH13510
ATH13520
ATH13530
ATH13540
ATH13550
ATH13560
ATH13570
ATH13580
ATH13590
ATH13600
ATH13610
ATH13620
ATH13630
ATH13640
ATH13650
ATH13660
ATH13670
ATH13680
ATH13690
ATH13700
ATH13710
ATH13720
ATH13730
ATH13740
ATH13750
ATH13760
ATH13770
ATH13780
ATH13790
ATH13800
ATH13810
ATH13820
ATH13830
ATH13840
ATH13850
ATH13860
ATH13870
ATH13880
ATH13890
ATH13900
ATH13910
ATH13920
ATH13930
ATH13940
ATH13950
ATH13960
ATH13970
ATH13980
ATH13990
ATH14000
ATH14010
ATH14020
ATH14030
ATH14040
ATH14050
ATH14060
ATH14070
ATH14080
ATH14090
ATH14100
ATH14110
ATH14120
ATH14130
ATH14140
ATH14150
ATH14160
ATH14170
ATH14180
ATH14190
ATH14200

```

```

501 FORMAT( /,15X,'REYNOLDS DO FEIXE' = ',F8.1/,', ATH14210
* 15X,'REYNOLDS SUBCANAL INTERNO = ',F8.1/,', ATH14220
* 15X,'REYNOLDS SUBCANAL LATERAL = ',F8.1/,', ATH14230
* 15X,'REYNOLDS SUBCANAL CANTO = ',F8.1/,', ATH14240
* 15X,'COEFICIENTE ATRITO FEIXE = ',F8.1/,', ATH14250
* 15X,'COEF ATRITO SUBCAN INTERNO = ',F7.4/,', ATH14260
* 15X,'COEF ATRITO SUBCAN LATERAL = ',F7.4/,', ATH14270
* 15X,'COEF ATRITO SUBCAN CANTO = ',F7.4/,', ATH14280
* 15X,'FATOR DISTR SUBCAN INTERNO = ',F5.2/,', ATH14290
* 15X,'FATOR DISTR SUBCAN LATERAL = ',F5.2/,', ATH14300
* 15X,'FATOR DISTR SUBCAN CANTO = ',F5.2/,', ATH14310
* 15X,'FATOR DISTR SUBCAN CANTO = ',F5.2/,', ATH14320
C ATH14330
502 FORMAT( /,15X,'VELOCIDADE MEDIA FEIXE (M/S) = ',F5.2/,', ATH14340
* 15X,'VAZAO MASSA (KG/S) = ',F5.2/,', ATH14350
* 15X,'VAZAO VOLUMETRICA (M3/S) = ',F5.3/,', ATH14360
* 15X,'PRESSAO ENTRADA (BAR) = ',F3.2/,', ATH14370
* 15X,'PRESSAO ENTRADA (ADIM) = ',F6.2/,', ATH14380
* 15X,'TEMPERATURA ENTRADA (CELS) = ',F5.1/,', ATH14390
* 15X,'TEMPERATURA SAIDA (CELS) = ',F5.1/,', ATH14400
* 15X,'VELOCIDADE SIN ENTR (KG/M.S) = ',F8.0/,', ATH14410
* 15X,'CONDUTIV TERM ENTR (W/M.C) = ',F5.2/,', ATH14420
* 15X,'DENSIDADE ENTRADA (KG/M3) = ',F5.1/,', ATH14430
* 15X,'CALOR ESPEC ENTRADA (J/KG.C) = ',F6.1/,', ATH14440
C ATH14450
C ATH14460
C WRITE(6,510)
C WRITE(6,511) (2(X),X=1,M+1)
C DO 105 BB=1,N
C WRITE(6,512) 00,(WB(X,00),X=1,M+1)
105 CONTINUE
C ATH14470
C ATH14480
C ATH14490
C 510 FORMAT(1H1,/,15X,'GERACAO DE CALOR NAS BARRAS - Kw/M^2,/,100(',-')',ATH14500
C 511 FORMAT(/,1X,'POSICAO -Z/H-',',13(F5.2,2X),/,) ATH14510
C 512 FORMAT(1X,'BARRA ',',13,2X,',-',',13(F5.1,2X)) ATH14520
C ATH14530
C ATH14540
C ATH14550
C ATH14560
C ATH14570
C WRITE(6,503)
C DO 100 I=1,N1
100 WRITE(6,504) 1,(JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,3)
C DO 101 I=N1+1,N12
101 WRITE(6,505) 1,(JJ(I,K),K=1,3),(B(I,K),K=1,2)
C DO 102 I=N12+1,NT
102 WRITE(6,506) 1,(JJ(I,K),K=1,2),(B(I,K),K=1,1)
C ATH14580
C ATH14590
C ATH14600
C ATH14610
C ATH14620
C ATH14630
C ATH14640
C ATH14650
C ATH14660
C ATH14670
C 503 FORMAT(1H1,5X,'SUBCANAL',6X,'SUBCANALIS VIZINHOS',6X,'BARRAS VIZINHAS',14680
C *AS',/,)
C 504 FORMAT(7X,13,7X,3(3X,13),6X,3(3X,13))
C 505 FORMAT(7X,13,7X,3(3X,13),6X,2(3X,13))
C 506 FORMAT(7X,13,7X,2(3X,13),15X,13)
C ATH14690
C ATH14700
C ATH14710
C ATH14720
C ATH14730
C ATH14740
C ATH14750
C ATH14760
C ATH14770
C =====
C ATH14780
C ATH14790
C SUBROUTINE CALOR
C .....FAZ A DISTRIBUICAO AXIAL DE FLUXO DE CALOR POR BARRA.....
C IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C COMMON/GE01/N,PC,PD,D,HT,AR,
C M,MM,CX,DZ,XC
C COMMON/GE05/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C COMMON/SEC0/NF(10),NV(10),NON(10),NX(6,10)
C COMMON/VAZ0/VDD,CNC,KLC,CPO,
C HO,OB,VBP,VB,PO
C COMMON/COST/G1,U2,C3,ER1,ER2,ER3
C COMMON/SAI/FAT(5),TM(2),DTM,DTM
C COMMON/XIAS/XA
C
C COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
C COMMON/BARRA/JIS,438,3),QB(3,217)
C COMMON/ENTR/AL(217),CC(217)
C COMMON/POS1/Z(50)
C
C 8 X1=1
C X2=2
C X3=3
C
C YA=(U2+G2)/(6.*VBM*DTM)
C DO 100 X=X1,X2
C XA=XX*X-1
C DO 101 BB=1,N
C Z(X,BB)=AL(BB)+CC(BB)*SIN(Z(XA)*3.14/FLOAT(XC))
101 CONTINUE
100 CONTINUE
C

```

```

C      DO 102 I=1,N1
C      DO 103 K=1,3
C      DO 104 X=X1,X2
C      Q(X,I,K)=Q3(X,B(I,K))*YM*1000.
104      CONTINUE
103      CONTINUE
102      CONTINUE
C      DO 105 I=N1+1,N12
C      DO 106 K=1,2
C      DO 107 X=X1,X2
C      Q(X,I,K)=Q3(X,B(I,K))*YM*1000.*6./4.
107      CONTINUE
106      CONTINUE
105      CONTINUE
C      DO 111 I=N1+1,N12
C      DO 112 X=X1,X2
C      Q(X,I,3)=0.
112      CONTINUE
111      CONTINUE
C      DO 108 I=N12+1,NT
C      DO 109 K=1,1
C      DO 110 X=X1,X2
C      Q(X,I,K)=Q3(X,B(I,K))*YM*1000.
110      CONTINUE
109      CONTINUE
108      CONTINUE
C      DO 113 I=N12+1,NT
C      DO 114 X=X1,X2
C      Q(X,I,2)=0.
C      Q(X,I,3)=0.
114      CONTINUE
113      CONTINUE
C      RETURN
C      END
C
C-----
C      SUBROUTINE TERA
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/DEC1/N,PD,HD,C,HT,NR,
C      *      M,MH,DX,DZ,XC
C      COMMON/DEC2/DE1,DE2,DE3,DET,
C      *      AM1,AM2,AM3,AT,AQ,AIJ,AES
C      COMMON/DEC3/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      COMMON/DEC4/NF(10),NV(10),NM(10),NX(6,10)
C      COMMON/CJF1/PSI,COSA,SENA
C      COMMON/HIDR/RCL,RE2,RE3,RET,
C      *      F1,F2,F3,FT,
C      *      FD1,FD2,FD3
C      COMMON/VA2A/VCO,CKO,RCO,CPO,
C      *      HQ,C2,V3M,VS,PO
C      COMMON/COST/CL,C2,C3,ER1,ER2,ER3
C      COMMON/JADJ/TO,PRE,TS
C      COMMON/SAI/FAT(3),TH(3),CTH,DTH
C      COMMON/XIAS/XX
C
C      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
C      COMMON/AREX/A(3,438)
C      COMMON/GARA/Q(3,438,2),QB(3,217)
C      COMMON/PSI/Z(50)
C      COMMON/PRED/P(50)
C      COMMON/TEMP/H(3,438),T(3,438)
C      COMMON/VELU/U(3,438),W(3,438,438),UM(3,438)
C
C      9 P(XX)=PD-FT*Z(XX)*HT/DET
C      P(XX+1)=PD-FT*Z(XX+1)*HT/DET
C
C      F=1.
C      S=L*(PD-1.)
C      DO 99 X1=1,2
C
C      X2=X1+1
C      DO 100 I=1,NT
C      S0MA1=0.
C      S0MA2=0.
C      S0MA3=0.
C      IF(I.GT.N12)GOTO 300
C      KK=3
C      GOTO 301
C      KK=2
C      DO 101 K=1,KK

```

ATH15170
 ATH15180
 ATH15190
 ATH15200
 ATH15210
 ATH15220
 ATH15230
 ATH15240
 ATH15250
 ATH15260
 ATH15270
 ATH15280
 ATH15290
 ATH15300
 ATH15310
 ATH15320
 ATH15330
 ATH15340
 ATH15350
 ATH15360
 ATH15370
 ATH15380
 ATH15390
 ATH15400
 ATH15410
 ATH15420
 ATH15430
 ATH15440
 ATH15450
 ATH15460
 ATH15470
 ATH15480
 ATH15490
 ATH15500
 ATH15510
 ATH15520
 ATH15530
 ATH15540
 ATH15550
 ATH15560
 ATH15570
 ATH15580
 ATH15590
 ATH15600
 ATH15610
 ATH15620
 ATH15630
 ATH15640
 ATH15650
 ATH15660
 ATH15670
 ATH15680
 ATH15690
 ATH15700
 ATH15710
 ATH15720
 ATH15730
 ATH15740
 ATH15750
 ATH15760
 ATH15770
 ATH15780
 ATH15790
 ATH15800
 ATH15810
 ATH15820
 ATH15830
 ATH15840
 ATH15850
 ATH15860
 ATH15870
 ATH15880
 ATH15890
 ATH15900
 ATH15910
 ATH15920
 ATH15930
 ATH15940
 ATH15950
 ATH15960
 ATH15970
 ATH15980
 ATH15990
 ATH16000
 ATH16010
 ATH16020
 ATH16030
 ATH16040
 ATH16050

```

      J=JJ(1,K)
      CALL SJ1(D,PD,AT,N1,N2,NT,N12,I,J,DZ,DY)
      COL=(KJ0+S*F*DZ*U2)/(V3M*DY)
      CAL=CK0/(KJ0*CP0)
      CEH=0.00*(VJ0/KJ0)*RET*SQRT(FT/2.)
      CEH=0.0
      CU=CU0*(CAL+CEH)
      W1J=W(X1,I,J)
      IF(ABS(CEH)) GOTO 302
      HA=H(X1,J)
      GO10 303
      HA=H(X1,I)
302    SUMA1=SUMA1+W1J*(HA-H(X1,I))
303    SUMA2=SUMA2+CU*(H(X1,J)-H(X1,I))
101    CONTINUE=
      SUMA3=2*(X1,I,1)+2*(X1,I,2)+Q(X1,I,3)
      HR=SUMA3+SUMA2-SUMA1
      H(X2,I)=H(X1,I)+HR/UN(X1,I)
      T(X2,I)=(T0+273.1)+(TS-T0)*H(X2,I)
100    CONTINUE
      SUMAH=0.
      IF(AX.EQ.1.AND.X1.EQ.1) SUMAQ=0.
      DO 102 I=1,NT
102    SUMAH=SUMAH+H(X2,I)*UM(X2,I)
      DO 103 B3=1,N
103    SUMAQ=SUMAH+W3(X1,B3)*C2
      HFEIXE=SUMAH*DTM
      FAT(X1)=SUMAQ/HFEIXE
      SUMAT=0.
      DO 110 I=1,NT
110    SUMAT=SUMAT+H(X1,I)*UM(X1,I)
      TM(X1)=SUMAT*(TS-T0)/(T0+273.1)
C
99    CONTINUE
C
      RETURN
      END
=====
C
      SUBROUTINE PRES2
C.....IMPRESSAO DOS RESULTADOS LCCAIS - PROPRIEDADES PCR.....
C.....SUBCANAL EM CADA POSICAO AXIAL.....
C
      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
      COMMON/GE01/N,PD,H0,C,HT,NR,
      *      M,MM,UX,32,XC
      COMMON/GE02/CE1,CE2,CE3,DET,
      *      AM1,AM2,AM3,AT,A0,A1J,AES
      COMMON/GE03/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
      COMMON/GE04/NF(10),NV(10),NON(10),NX(6,10)
      COMMON/S41/FAT(3),TM(3),DTM,OTH
      COMMON/X1X5/XX
C
      COMMON/ARXA/JJ(438,3),B(438,3)
      COMMON/AREA/A(3,438)
      COMMON/PGSI/Z(30)
      COMMON/PRESJ/P(30)
      COMMON/TEMP/H(3,438),T(3,438)
      COMMON/VELU/U(3,438),W(3,438,438),UN(3,438)
C
      DIMENSION V1(2),VT2(2),VT3(2)
C
      X1=1
      X2=2
C
      WRITE(6,520) Z(XX-1+X1),Z(XX-1+X2),TM(X1),TM(X2)
      WRITE(6,521)
      DO 101 I=1,NT
      *      WRITE(6,522) 1,A(X1,I),P(XX-1+X1),U(X1,I),H(X1,I),T(X1,I),
101    *      1,A(X2,I),P(XX-1+X2),U(X2,I),H(X2,I),T(X2,I)
      CONTINUE
C
      WRITE(6,524) Z(XX-1+X1),Z(XX-1+X2)
C
      DO 102 I=1,NT
      IF(I.GT.N12) GOTO 200
      KK=1
      V1(X1)=W(X1,I,JJ(1,1))*AES
      VT2(X1)=W(X1,I,JJ(1,2))*AES
      VT3(X1)=W(X1,I,JJ(1,3))*AES
      V1(X2)=W(X2,I,JJ(1,1))*AES
      VT2(X2)=W(X2,I,JJ(1,2))*AES
      VT3(X2)=W(X2,I,JJ(1,3))*AES
      *      WRITE(6,525) 1,(JJ(I,K),K=1,KK),V1(X1),VT2(X1),VT3(X1),
      *      V1(X2),VT2(X2),VT3(X2)
      GOTO 102
200    KK=2
      V1(X1)=W(X1,I,JJ(1,1))*AES
      VT2(X1)=W(X1,I,JJ(1,2))*AES
      VT3(X1)=W(X1,I,JJ(1,3))*AES
      V1(X2)=W(X2,I,JJ(1,1))*AES
      VT2(X2)=W(X2,I,JJ(1,2))*AES
      *      WRITE(6,529) 1,(JJ(I,K),K=1,KK),V1(X1),VT2(X1),
      *      V1(X2),VT2(X2)
102    CONTINUE

```

```

C      ATH17060
C      ATH17070
C      ATH17080
520 FORMAT(1H1/,2(10X,'COORDENADA AXIAL - Z/H = ',F4.2,16X),/,10X,'TEATH17090
    *MP MEDIA = ',F6.1,30X,'TEMP MEDIA = ',F6.1))
C      ATH17100
C      ATH17110
521 FORMAT(1X,2('SUB AREA PRESSAG VELCC ENTAL TEMPER',12X),/,ATH17120
    * 10X,2('MM2 ADM ADM ADM KEL',2CX),/,100('-''))ATH17130
C      ATH17140
522 FORMAT(2(2X,1J,2X,E8.2,2X,F7.2,2X,F5.2,2X,F5.3,2X,F6.1,9X))ATH17150
C      ATH17160
524 FORMAT(1H1/,20X,'ESCUEMENTO TRANSVERSAL',/,1X,'SUBCN SUBCNATH17170
    * VIZINHUS',10X,'ESC TRANSV/ESC AXIAL MEDIO',10X,'ESC TRANSV/ESC AXIALATH17180
    * IAL MEDIO',/,40X,'Z/H = ',F4.2,25X,'Z/H = ',F4.2,/,100('-''))ATH17190
C      ATH17200
525 FORMAT(2X,1J,5X,3(2X,1J),4X,3(6X,F5.2),6X,3(6X,F5.2))ATH17210
C      ATH17220
529 FORMAT(2X,1J,5X,2(2X,1J),9X,2(6X,F5.2),17X,2(6X,F5.2))ATH17230
C      ATH17240
C      ATH17250
C      RETURNATH17260
C      ENDATH17270
C      ATH17280
C      =====ATH17290
C      ATH17300
C      ATH17310
C      ATH17320
C      SUBROUTINE TROCAATH17330
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)ATH17340
C      COMMON/GECI/M,PC,FC,D,HT,NR,ATH17350
        M,MM,CX,CZ,XCATH17360
        *COMMON/GEU5/N1,N2,N3,NT,N12,N2FATH17370
        COMMON/GEU5/NF(10),NV(10),NON(10),NX(6,10)ATH17380
        *COMMON/GEU7/NA1(10),NX2(10),NX3(10),NX4(10),NX5(10),ATH17390
        NX6(10)ATH17400
        COMMON/XIAS/XXATH17410
C      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)ATH17420
C      COMMON/AKEA/A(3,438)ATH17430
C      COMMON/PSS1/Z(50)ATH17440
C      COMMON/TEMP/H(3,438),T(3,438)ATH17450
C      COMMON/VELU/U(3,438),W(3,438,438),UM(3,438)ATH17460
C      DIMENSION JA(100),AA(100),UMA(100),WS(100).ATH17470
C      ATH17480
C      13 X1=1ATH17490
        X2=2ATH17500
        X3=3ATH17510
C      XN=X2ATH17520
        XV=X2ATH17530
C      N0T=N1+1+6*N2F-1ATH17540
        N0I=N1+1+5*N2F-1ATH17550
        N-1=N1+1+4*N2F-1ATH17560
        N0I=N1+1+3*N2F-1ATH17570
        N2I=N1+1+2*N2F-1ATH17580
        N1I=N1+1+1*N2F-1ATH17590
C      DO 100 I=1,NTATH17600
        U(X1,I)=U(X3,I)ATH17610
        A(X1,I)=A(X3,I)ATH17620
        UM(X1,I)=UM(X3,I)ATH17630
        H(X1,I)=H(X3,I)ATH17640
        T(X1,I)=T(X3,I)ATH17650
        CONTINUEATH17660
C      100CONTINUEATH17670
C      351 K=1ATH17680
        DO 400 L=2,NR+1ATH17690
            DO 210 I=NON(L-1)+1,NON(L-1)+NF(L)ATH17700
                UA(K)=U(XV,I)ATH17710
                AA(K)=A(XV,I)ATH17720
                UMA(K)=UM(XV,I)ATH17730
                K=K+1ATH17740
            CONTINUEATH17750
C      210DO 211 I=N1+1,N1+N2FATH17760
        UA(K)=U(XV,I)ATH17770
        AA(K)=A(XV,I)ATH17780
        UMA(K)=UM(XV,I)ATH17790
        K=K+1ATH17800
C      211CONTINUEATH17810
        UA(K)=U(XV,N12+1)ATH17820
        AA(K)=A(XV,N12+1)ATH17830
        UMA(K)=UM(XV,N12+1)ATH17840
C      DO 220 L=2,NR+1ATH17850
        DO 221 I=NON(L-1)+1,NX5(L)ATH17860
            U(XN,I)=U(XV,1+NF(L))ATH17870
            A(XN,I)=A(XV,1+NF(L))ATH17880
            UM(XN,I)=UM(XV,1+NF(L))ATH17890
            CONTINUEATH17900
C      221CONTINUEATH17910
        220CONTINUEATH17920
        ATH17930
        ATH17940
        ATH17950
        ATH17960
        ATH17970
        ATH17980
        ATH17990
        ATH18000
        ATH18010
        ATH18020

```

```

C
  222 1=N1+1,NST
    U(XN,1)=U(XV,1+N2F)
    A(XN,1)=A(XV,1+N2F)
    UM(XN,1)=UM(XV,1+N2F)
  222 CONTINUE
  223 1=N12+1,NT-1
    U(XN,1)=U(XV,1+1)
    A(XN,1)=A(XV,1+1)
    UM(XN,1)=UM(XV,1+1)
  223 CONTINUE
C
  K=1
  401 L=2,NR+1
    GO 213 1=NON(L)-NF(L)+1,NON(L)
    U(XN,1)=UA(K)
    A(XN,1)=AA(K)
    UM(XN,1)=JMA(K)
    K=K+1
  213 CONTINUE
  401 214 1=N12-N2F+1,N12
    U(XN,1)=UA(K)
    A(XN,1)=AA(K)
    UM(XN,1)=JMA(K)
    K=K+1
  214
C
    U(XN,NT)=JA(K)
    A(XN,NT)=AA(K)
    UM(XN,NT)=JMA(K)
C
    IF(XN.EQ.X3) GOTO 350
    XN=X3
    XV=X1
    GOTO 351
C
  350 210 X=1,2
C
    K=1
    120 L=2,NR+1
    121 1=NON(L-1)+1,NX1(L)
      J=1+1
      WS(K)=W(X,1,J)
      K=K+1
    120 CONTINUE
C
    IF(N.EQ.7) GOTO 305
    122 L=2,NR
    KK=0
    123 1=NON(L-1)+1,NX1(L),2
      J=NON(L)+2+KK
      WS(K)=W(X,1,J)
      KK=KK+2
      K=K+1
    122 CONTINUE
C
  305 J=N1
  125 1=NON(NR)+1,NX1(NR+1),2
    J=J+1
    WS(K)=W(X,1,J)
    K=K+1
C
    IF(N.EQ.7) GOTO 306
    126 1=N1+1,N1T-1
      J=1+1
      WS(K)=W(X,1,J)
      K=K+1
  126
C
  306 WS(K)=W(X,N1+1,N12+1)
    K=K+1
    WS(K)=W(X,N1T,N12+2)
C
    NTRG=K
C
    127 L=2,NR+1
    128 1=NON(L-1)+1,NX5(L)
      129 K=1,5
      J=JJ(1,K)
      IF(1.GT.J) GOTO 310
      IF(1.EQ.NX5(L).AND.J.EQ.NX5(L)+1) GOTO 311
      IF(1.GE.NX4(L).OR.J.LT.NON(L-1)) GOTO 129
      W(X,1,J)=W(X,1+NF(L),J+NF(L))
      W(X,J,1)=-W(X,1,J)
      GOTO 129
  311 W(X,1,J)=W(X,NX6(L),NON(L-1)+1)
      W(X,J,1)=-W(X,1,J)
      GOTO 129
  310 W(X,1,J)=-W(X,J,1)
      CONTINUE
  128 CONTINUE
  127 CONTINUE
C

```

ATH18030
 ATH18040
 ATH18050
 ATH18060
 ATH18070
 ATH18080
 ATH18090
 ATH18100
 ATH18110
 ATH18120
 ATH18130
 ATH18140
 ATH18150
 ATH18160
 ATH18170
 ATH18180
 ATH18190
 ATH18200
 ATH18210
 ATH18220
 ATH18230
 ATH18240
 ATH18250
 ATH18260
 ATH18270
 ATH18280
 ATH18290
 ATH18300
 ATH18310
 ATH18320
 ATH18330
 ATH18340
 ATH18350
 ATH18360
 ATH18370
 ATH18380
 ATH18390
 ATH18400
 ATH18410
 ATH18420
 ATH18430
 ATH18440
 ATH18450
 ATH18460
 ATH18470
 ATH18480
 ATH18490
 ATH18500
 ATH18510
 ATH18520
 ATH18530
 ATH18540
 ATH18550
 ATH18560
 ATH18570
 ATH18580
 ATH18590
 ATH18600
 ATH18610
 ATH18620
 ATH18630
 ATH18640
 ATH18650
 ATH18660
 ATH18670
 ATH18680
 ATH18690
 ATH18700
 ATH18710
 ATH18720
 ATH18730
 ATH18740
 ATH18750
 ATH18760
 ATH18770
 ATH18780
 ATH18790
 ATH18800
 ATH18810
 ATH18820
 ATH18830
 ATH18840
 ATH18850
 ATH18860
 ATH18870
 ATH18880
 ATH18890
 ATH18900
 ATH18910
 ATH18920

```

IF(N.EQ.7) GOTO 307
DO 130 L=2,NR
  DO 131 K=1,5
    DO 132 I=NX(K,L)-NF(L)+1,NX(K,L),2
      DO 133 KK=1,3
        J=JJ(L,KK)
        IF(J.LE.NN(L)) GOTO 139
        W(X,I,J)=W(X,I+NF(L),J+NF(L+1))
        W(X,J,1)=-W(X,I,J)
      CONTINUE
    CONTINUE
  CONTINUE
139
132
131
130

```

```

C
307 DO 133 K=1,5
  KI=NX(K,NR+1)-NF(NR+1)+1
  DO 134 I=KI,NX(K,NR+1),2
    DO 135 KK=1,3
      J=JJ(L,KK)
      IF(J.LE.N1) GOTO 135
      W(X,I,J)=W(X,I+NF(NR+1),J+N2F)
      W(X,J,1)=-W(X,I,J)
    CONTINUE
  CONTINUE
135
134
133

```

```

C
IF(N.EQ.7) GOTO 308
DO 136 K=N1+1,N+T+1,N2F
  KK=K+N2F-2
  DO 137 I=K,KK
    J=I+1
    W(X,I,J)=W(X,I+2F,J+N2F)
    W(X,J,1)=-W(X,I,J)
  CONTINUE
137
136

```

```

C
308 INIC=1
DO 138 I=N1+1,N1+1+4*N2F,N2F
  J=N12+INIC
  W(X,I,J)=W(X,I+N2F,J+1)
  W(X,J,1)=-W(X,I,J)
  IF(I.EQ.N+T+1) GOTO 312
  W(X,I+N2F-1,J+1)=W(X,I+2*N2F-1,J+2)
  W(X,J+1,I+N2F-1)=-W(X,I+N2F-1,J+1)
  INIC=INIC+1
  GOTO 138
312
W(X,I+N2F-1,J+1)=W(X,I+2*N2F-1,N12+1)
W(X,J+1,I+N2F-1)=-W(X,I+N2F-1,J+1)
312
CONTINUE

```

```

C
K=1
DO 150 L=2,NR+1
  DO 151 I=NX5(L)+1,NX5(L)
    IF(I.EQ.NX6(L)) GOTO 315
    J=I+1
    GOTO 316
315
J=NX5(L)-1+1
W(X,I,J)=WS(K)
W(X,J,1)=-W(X,I,J)
K=K+1
151
150
CONTINUE

```

```

C
IF(N.EQ.7) GOTO 309
DO 152 L=2,NR
  KK=0
  DO 153 I=NX5(L)+1,NX5(L),2
    J=NX5(L+1)+2+KK
    W(X,I,J)=WS(K)
    W(X,J,1)=-W(X,I,J)
    KK=KK+2
    K=K+1
  CONTINUE
153
152

```

```

C
309 J=N5T
DO 154 I=NX5(NR+1)+1,NX5(NR+1),2
  J=J+1
  W(X,I,J)=WS(K)
  W(X,J,1)=-W(X,I,J)
  K=K+1
154

```

```

C
IF(N.EQ.7) GOTO 304
DO 155 I=N5T+1,N5T-1
  J=I+1
  W(X,I,J)=WS(K)
  W(X,J,1)=-W(X,I,J)
  K=K+1
155

```

```

C
304 W(X,N5T+1,N5T)=WS(K)

```

ATH18930
 ATH18940
 ATH18950
 ATH18960
 ATH18970
 ATH18980
 ATH18990
 ATH19000
 ATH19010
 ATH19020
 ATH19030
 ATH19040
 ATH19050
 ATH19060
 ATH19070
 ATH19080
 ATH19090
 ATH19100
 ATH19110
 ATH19120
 ATH19130
 ATH19140
 ATH19150
 ATH19160
 ATH19170
 ATH19180
 ATH19190
 ATH19200
 ATH19210
 ATH19220
 ATH19230
 ATH19240
 ATH19250
 ATH19260
 ATH19270
 ATH19280
 ATH19290
 ATH19300
 ATH19310
 ATH19320
 ATH19330
 ATH19340
 ATH19350
 ATH19360
 ATH19370
 ATH19380
 ATH19390
 ATH19400
 ATH19410
 ATH19420
 ATH19430
 ATH19440
 ATH19450
 ATH19460
 ATH19470
 ATH19480
 ATH19490
 ATH19500
 ATH19510
 ATH19520
 ATH19530
 ATH19540
 ATH19550
 ATH19560
 ATH19570
 ATH19580
 ATH19590
 ATH19600
 ATH19610
 ATH19620
 ATH19630
 ATH19640
 ATH19650
 ATH19660
 ATH19670
 ATH19680
 ATH19690
 ATH19700
 ATH19710
 ATH19720
 ATH19730
 ATH19740
 ATH19750
 ATH19760
 ATH19770
 ATH19780
 ATH19790
 ATH19800


```

      W(X,NT,NST+1)=-WS(K)
      K=K+1
      W(X,N6T,N12+1)=WS(K)
      W(X,N12+1,N6T)=-WS(K)
C
C 110 CONTINUE
C
      RETURN
      END
C
C -----
C
      SUBROUTINE SOL(D,PD,AT,N1,N2,NT,N12,I,J,OZ,DY)
C
C
C      F=SQRT(1.)/3.
C
      IF(I.GT.N1) GOTO 350
      IF(J.GT.N1) GOTO 351
      DY=D*(PD+F)
      GOTO 355
351 DY=D*(PD*(1.+F)-0.5)/2.
      GOTO 355
350 IF(I.GT.N12) GOTO 352
      IF(J.LE.NT.AND.J.GT.N12) GOTO 353
      IF(J.LE.N12.AND.J.GT.N1) GOTO 354
      DY=D*(PD*(1.+F)-0.5)/2.
      GOTO 355
353 DY=D*PD*(1.+F)/2.
      GOTO 355
354 DY=D*PD
      GOTO 355
352 DY=D*PD*(1.+F)/2.
C
355 RETURN
      END
C
C
      SUBROUTINE VERA1(I,J0,J1,J2)
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/GE01/N,PD,FO,D,HT,NR,
C          M,MM,DX,CZ,XC
C      *
C      COMMON/GE05/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
C
      KP=0
      DO 100 KR=1,3
          J=JJ(I,KR)
          IF(J.GT.N1) GOTO 300
          J0=J
          GOTO 100
          IF(KP.EQ.0) GOTO 301
          J1=J
          GOTO 100
301 J2=J
          KP=KP+1
100 CONTINUE
      RETURN
      END
C
      SUBROUTINE VERA2(I,I1,J0,J1,J2)
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/GE01/N,PD,FO,D,HT,NR,
C          M,MM,DX,CZ,XC
C      *
C      COMMON/GE05/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
C
      DO 100 KR=1,3
          J=JJ(I,KR)
          IF(J.EQ.1-1.OR.J.EQ.11-1) J0=J
          IF(J.LE.N1) J1=J
          IF(J.EQ.1+1.OR.J.EQ.11) J2=J
100 CONTINUE
      RETURN
      END
C
      SUBROUTINE VERA3(I,J0,J1,J2)
C
C      IMPLICIT INTEGER (X,B)
C
C      COMMON/GE01/N,PD,FO,D,HT,NR,
C          M,MM,DX,CZ,XC
C      *
C      COMMON/GE05/N1,N2,N3,NT,N12,N2F
C      COMMON/ARRA/JJ(438,3),B(438,3)
C
      KP=0
      DO 100 KR=1,3
          J=JJ(I,KR)
          IF(J.EQ.J0) GOTO 100
          IF(KP.EQ.0) GOTO 300
          J2=J
          GOTO 100
          J1=J
          KP=KP+1
300 CONTINUE
100 RETURN
      END

```

ATH19610
 ATH19820
 ATH19830
 ATH19840
 ATH19850
 ATH19860
 ATH19870
 ATH19880
 ATH19890
 ATH19900
 ATH19910
 ATH19920
 ATH19930
 ATH19940
 ATH19950
 ATH19960
 ATH19970
 ATH19980
 ATH19990
 ATH20000
 ATH20010
 ATH20020
 ATH20030
 ATH20040
 ATH20050
 ATH20060
 ATH20070
 ATH20080
 ATH20090
 ATH20100
 ATH20110
 ATH20120
 ATH20130
 ATH20140
 ATH20150
 ATH20160
 ATH20170
 ATH20180
 ATH20190
 ATH20200
 ATH20210
 ATH20220
 ATH20230
 ATH20240
 ATH20250
 ATH20260
 ATH20270
 ATH20280
 ATH20290
 ATH20300
 ATH20310
 ATH20320
 ATH20330
 ATH20340
 ATH20350
 ATH20360
 ATH20370
 ATH20380
 ATH20390
 ATH20400
 ATH20410
 ATH20420
 ATH20430
 ATH20440
 ATH20450
 ATH20460
 ATH20470
 ATH20480
 ATH20490
 ATH20500
 ATH20510
 ATH20520
 ATH20530
 ATH20540
 ATH20550
 ATH20560
 ATH20570
 ATH20580
 ATH20590
 ATH20600
 ATH20610
 ATH20620
 ATH20630
 ATH20640
 ATH20650
 ATH20660
 ATH20670
 ATH20680
 ATH20690
 ATH20700
 ATH20710
 ATH20720
 ATH20730
 ATH20740
 ATH20750
 ATH20760
 ATH20770
 ATH20780

ATH2167

ENC

Apêndice D - Manual de Utilização e Saída Típica do
Programa ATHEL

D.1 - Manual de Utilização - Entrada de Dados

a- Primeiro Grupo de Dados

Block Data

DATA N/ 19/

DATA XPRØ , XPR1, XPR2, XPR3/9,7,13,15/

DATA PD, HD,D/1,24,52.Ø , 6.ØØ /

DATA XC, M / 2, 12 /

DATA RET/7ØØØØØ :/

DATA TØ / 4ØØ . /

DATA PRE / 5. /

Definição das variáveis	dimensão	tipo
N = número de barras	contador	inteiro
PD = razão de aspecto (P/D)	adimensional	real
HD = razão de aspecto (H/D)	adimensional	real
D = diâmetro da barra	mm	real
RET = Reynolds do feixe	adimensional	real
TØ = Temperatura na entrada	°C	real
PRE = Pressão na entrada	bar	real
XPRØ = Ø - imprimir todas as posições axiais calculadas-inteiro		
XPR1 ≠ Ø - imprimir somente as posições axiais relativas a XPR1, XPR2 e XPR3 - inteiro		

b- Segundo Grupo de Dados

Potência gerada nas barras. É fornecida em dois coeficientes, para satisfazer a distribuição senoidal, segundo o seguinte formato:

FORMAT (1x, I3, F 5.1, 4x, F4.1)

onde são lidos, respectivamente, os valores de

B = número da barra,

A_o = coeficiente do valor médio,

C_o = coeficiente do seno;

D.2 - Saída Típica

A seguir é mostrada a listagem de saída de um caso típico.

Características do exemplo:

$N = 19$

$P/D = 1,24$

$H/D = 52,$

$D = 6,0 \text{ mm}$

$Re_b = 70000,$

$T_o = 400, ^\circ\text{C}$

$p_o = 5,0 \text{ bar}$

potência gerada: axialmente uniforme e radial segundo a distribuição abaixo

20 KW/M

21 KW/M

22 KW/M

23 KW/M

24 KW/M

$XPR0 = 9$

$XPR1 = 1$

$XPR2 = 7$

$XPR3 = 13$

!

GERACAO DE CALOR NAS BARRAS - KW/M

[illegible]

SUSCANAL	SUSCANAIS VIZINHOS			BARRAS VIZINHAS		
1	2	6	8	1	2	3
2	1	3	11	1	3	4
3	2	4	14	1	4	5
4	3	5	17	1	5	6
5	4	6	20	1	6	7
6	1	5	23	1	2	7
7	8	24	25	2	8	9
8	1	7	9	2	3	5
9	8	10	26	3	9	10
10	9	11	27	3	10	11
11	2	10	12	3	4	11
12	11	13	23	4	11	12
13	12	14	29	4	12	13
14	3	13	15	4	5	13
15	14	15	30	5	13	14
16	15	17	31	5	14	15
17	4	16	18	5	6	15
18	17	19	32	6	15	16
19	18	20	33	6	16	17
20	5	19	21	6	7	17
21	20	22	34	7	17	18
22	21	23	35	7	18	19
23	6	22	24	2	7	15
24	7	23	36	2	8	19
25	7	26	37	8	9	
26	9	25	38	9	10	
27	10	23	38	10	11	
28	12	27	39	11	12	
29	13	30	39	12	13	
30	15	29	40	13	14	
31	16	32	40	14	15	
32	18	31	41	15	16	
33	19	34	41	16	17	
34	21	33	42	17	18	
35	22	36	42	18	19	
36	24	35	37	8	19	
37	25	36		8		
38	26	27		10		
39	26	23		12		
40	30	31		14		
41	32	33		16		
42	34	35		18		

COORDENADA AXIAL - Z/H = 0,00
TEMP MEDIA = 673,0
SUB AREA PRESSAU VELGC ENTAL TEMPER
MM2 ADM ADM ADM KEL

1	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
2	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
3	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
4	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
5	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
6	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
7	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
8	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
9	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
10	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
11	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
12	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
13	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
14	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
15	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
16	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
17	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
18	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
19	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
20	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
21	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
22	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
23	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
24	0,90E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
25	0,18E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
26	0,18E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
27	0,19E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
28	0,19E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
29	0,19E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
30	0,19E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
31	0,18E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
32	0,18E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
33	0,17E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
34	0,17E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
35	0,17E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
36	0,17E+02	24,13	1,03	0,000	673,0
37	0,67E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
38	0,67E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
39	0,67E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
40	0,67E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
41	0,67E+01	24,13	0,93	0,000	673,0
42	0,67E+01	24,13	0,93	0,000	673,0

COORDENADA AXIAL - Z/H = 0,08
TEMP MEDIA = 676,0
SUB AREA PRESSAU VELGC ENTAL TEMPER
MM2 ADM ADM ADM KEL

1	0,82E+01	23,97	0,93	0,004	677,6
2	0,82E+01	23,97	0,93	0,003	677,6
3	0,82E+01	23,97	0,93	0,001	677,4
4	0,82E+01	23,97	0,93	0,000	677,4
5	0,82E+01	23,97	0,93	0,001	677,4
6	0,82E+01	23,97	0,93	0,003	677,6
7	0,82E+01	23,97	0,93	0,006	677,8
8	0,82E+01	23,97	0,93	0,006	677,8
9	0,82E+01	23,97	0,93	0,006	677,8
10	0,82E+01	23,97	0,93	0,006	677,8
11	0,82E+01	23,97	0,93	0,006	677,6
12	0,82E+01	23,97	0,93	0,003	677,6
13	0,82E+01	23,97	0,93	0,001	677,4
14	0,82E+01	23,97	0,93	0,000	677,4
15	0,82E+01	23,97	0,93	0,008	677,2
16	0,82E+01	23,97	0,93	0,007	677,2
17	0,82E+01	23,97	0,93	0,008	677,2
18	0,82E+01	23,97	0,93	0,007	677,2
19	0,82E+01	23,97	0,93	0,008	677,2
20	0,82E+01	23,97	0,93	0,000	677,4
21	0,82E+01	23,97	0,93	0,001	677,4
22	0,82E+01	23,97	0,93	0,003	677,6
23	0,82E+01	23,97	0,93	0,004	677,6
24	0,82E+01	23,97	0,93	0,006	677,8
25	0,19E+02	23,97	1,08	0,029	675,1
26	0,19E+02	23,97	1,08	0,029	675,1
27	0,19E+02	23,97	1,08	0,027	675,0
28	0,19E+02	23,97	1,08	0,026	674,9
29	0,19E+02	23,97	1,08	0,025	674,8
30	0,19E+02	23,97	1,08	0,024	674,7
31	0,17E+02	23,97	1,08	0,024	674,7
32	0,17E+02	23,97	1,08	0,024	674,7
33	0,17E+02	23,97	1,08	0,026	674,9
34	0,17E+02	23,97	1,08	0,027	675,0
35	0,17E+02	23,97	1,08	0,028	675,1
36	0,17E+02	23,97	1,08	0,030	675,2
37	0,67E+01	23,97	0,95	0,030	675,2
38	0,67E+01	23,97	0,95	0,030	675,2
39	0,67E+01	23,97	0,95	0,027	675,0
40	0,67E+01	23,97	0,95	0,025	674,8
41	0,67E+01	23,97	0,95	0,025	674,8
42	0,67E+01	23,97	0,95	0,038	675,6

ESCALAMENTO TRANSVERSAL
SUBCN SUBCN VIZINHOS ESC TRANSV/ESC AXIAL MEDIO
Z/H = 0,00

1	2	3	8	0,04	0,04	-0,03	0,03	0,00	-0,07
2	1	3	11	-0,04	0,03	-0,04	-0,03	0,03	0,04
3	2	4	14	-0,03	0,00	0,07	-0,03	-0,04	0,03
4	3	5	17	-0,00	-0,07	0,03	0,04	-0,03	0,03
5	4	6	20	0,07	-0,03	0,00	0,03	-0,07	0,00
6	1	5	23	-0,04	0,03	-0,04	-0,00	0,07	-0,03
7	8	24	25	0,04	0,04	-0,04	0,03	-0,01	-0,07
8	1	7	9	0,03	-0,04	-0,03	0,07	-0,03	-0,00
9	8	10	26	0,03	0,05	-0,04	0,00	0,03	-0,07
10	9	11	27	-0,05	0,03	-0,03	-0,03	0,03	0,04
11	2	10	12	0,04	-0,03	0,04	-0,04	-0,03	0,03
12	11	13	28	-0,04	0,03	-0,04	-0,03	0,03	0,04
13	12	14	29	-0,03	0,00	0,07	-0,03	-0,04	0,03
14	3	13	15	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	0,04	0,03
15	14	16	30	-0,03	-0,00	0,07	-0,03	-0,04	0,03
16	15	17	31	0,00	-0,07	0,03	0,04	-0,03	0,03
17	4	15	18	-0,02	0,07	-0,00	-0,03	0,03	-0,04
18	17	19	32	0,00	-0,07	0,03	0,04	-0,03	0,03
19	18	20	33	0,07	-0,03	-0,00	0,03	-0,07	0,00
20	5	19	21	-0,00	0,03	-0,07	-0,00	0,07	-0,03
21	20	22	34	-0,07	-0,03	0,00	0,03	-0,06	0,00
22	21	23	35	0,03	-0,04	-0,04	0,08	0,00	-0,04
23	6	22	24	0,04	0,04	-0,03	0,03	-0,00	-0,07
24	7	23	36	-0,04	0,03	-0,04	0,01	0,07	-0,04
25	7	26	37	0,04	-0,23	0,14	0,07	-0,00	0,24
26	9	25	38	0,04	0,23	-0,11	0,07	0,30	-0,38
27	10	28	39	0,03	-0,34	0,31	-0,04	-0,34	0,36
28	12	27	39	0,04	0,34	-0,37	-0,04	0,34	-0,29
29	13	30	39	-0,07	-0,30	0,37	-0,03	-0,22	0,29
30	15	29	40	-0,07	0,30	-0,23	-0,03	0,22	-0,14
31	16	32	40	-0,03	-0,16	0,23	-0,03	-0,11	0,14
32	18	31	41	-0,03	0,16	-0,03	-0,03	0,11	-0,06
33	19	34	41	0,00	-0,04	0,04	-0,00	-0,04	0,04
34	21	33	42	-0,00	0,04	-0,03	-0,00	0,04	-0,03
35	22	35	42	0,04	-0,11	0,07	0,04	-0,16	0,07
36	24	35	37	0,04	0,11	-0,14	0,04	0,16	-0,24
37	25	36		-0,14	0,14		-0,24	0,24	
38	26	27		0,31	-0,31		0,36	-0,38	
39	28	29		0,37	-0,37		0,29	-0,29	
40	30	31		0,23	-0,23		0,14	-0,14	
41	32	33		0,08	-0,08		0,08	-0,08	
42	34	35		0,03	-0,07		0,03	-0,07	

COORDENADA AXIAL - Z/H = 0,50
TEMP MEDIA = 691,2

SUB	AREA MM2	PRESSAO ADM	VELOC ADM	ENTAL ADM	TEMPER KEL
1	0,90E+01	23,20	0,93	0,370	700,4
2	0,90E+01	23,20	0,93	0,364	699,5
3	0,90E+01	23,20	0,93	0,361	699,2
4	0,90E+01	23,20	0,93	0,347	698,2
5	0,90E+01	23,20	0,93	0,356	698,9
6	0,90E+01	23,20	0,93	0,361	699,3
7	0,90E+01	23,20	0,93	0,329	696,9
8	0,90E+01	23,20	0,93	0,355	698,8
9	0,90E+01	23,20	0,93	0,333	697,2
10	0,90E+01	23,20	0,93	0,322	696,4
11	0,90E+01	23,20	0,93	0,354	698,8
12	0,90E+01	23,20	0,93	0,308	695,4
13	0,90E+01	23,20	0,93	0,311	695,6
14	0,90E+01	23,20	0,93	0,327	696,8
15	0,90E+01	23,20	0,93	0,262	694,3
16	0,90E+01	23,20	0,93	0,276	693,1
17	0,90E+01	23,20	0,93	0,313	696,2
18	0,90E+01	23,20	0,93	0,274	692,9
19	0,90E+01	23,20	0,93	0,276	693,1
20	0,90E+01	23,20	0,93	0,320	696,3
21	0,90E+01	23,20	0,93	0,284	693,6
22	0,90E+01	23,20	0,93	0,258	694,7
23	0,90E+01	23,20	0,93	0,347	698,2
24	0,90E+01	23,20	0,93	0,312	695,7
25	0,18E+02	23,20	1,03	0,209	688,2
26	0,18E+02	23,20	1,03	0,208	688,1
27	0,17E+02	23,20	1,03	0,210	688,3
28	0,17E+02	23,20	1,03	0,201	687,6
29	0,17E+02	23,20	1,03	0,193	687,0
30	0,17E+02	23,20	1,03	0,187	686,6
31	0,18E+02	23,20	1,03	0,183	686,3
32	0,18E+02	23,20	1,03	0,181	686,2
33	0,19E+02	23,20	1,03	0,184	686,4
34	0,19E+02	23,20	1,03	0,187	686,6
35	0,19E+02	23,20	1,03	0,197	687,3
36	0,19E+02	23,20	1,03	0,200	687,6
37	0,67E+01	23,20	0,95	0,201	687,6
38	0,67E+01	23,20	0,95	0,197	687,3
39	0,50E+01	23,20	0,95	0,185	686,4
40	0,67E+01	23,20	0,95	0,177	685,9
41	0,67E+01	23,20	0,95	0,178	685,9
42	0,67E+01	23,20	0,95	0,182	686,7

COORDENADA AXIAL - Z/H = 0,58
TEMP MEDIA = 694,2

SUB	AREA MM2	PRESSAO ADM	VELOC ADM	ENTAL ADM	TEMPER KEL
1	0,98E+01	23,05	0,93	0,427	704,1
2	0,82E+01	23,05	0,93	0,425	704,0
3	0,98E+01	23,05	0,93	0,408	702,7
4	0,82E+01	23,05	0,93	0,404	702,4
5	0,98E+01	23,05	0,93	0,405	702,7
6	0,82E+01	23,05	0,93	0,423	703,7
7	0,98E+01	23,05	0,93	0,376	700,3
8	0,82E+01	23,05	0,93	0,415	703,3
9	0,98E+01	23,05	0,93	0,374	701,2
10	0,82E+01	23,05	0,93	0,375	700,3
11	0,93E+01	23,05	0,93	0,390	701,8
12	0,82E+01	23,05	0,93	0,359	699,1
13	0,98E+01	23,05	0,93	0,341	697,8
14	0,82E+01	23,05	0,93	0,381	700,7
15	0,98E+01	23,05	0,93	0,362	699,4
16	0,82E+01	23,05	0,93	0,319	696,2
17	0,93E+01	23,05	0,93	0,357	699,0
18	0,82E+01	23,05	0,93	0,314	695,8
19	0,93E+01	23,05	0,93	0,318	696,1
20	0,82E+01	23,05	0,93	0,367	699,7
21	0,98E+01	23,05	0,93	0,330	697,0
22	0,82E+01	23,05	0,93	0,346	698,1
23	0,98E+01	23,05	0,93	0,397	701,9
24	0,82E+01	23,05	0,93	0,367	699,7
25	0,17E+02	23,05	1,03	0,252	691,3
26	0,17E+02	23,05	1,03	0,250	691,2
27	0,17E+02	23,05	1,03	0,249	691,1
28	0,17E+02	23,05	1,03	0,239	690,4
29	0,17E+02	23,05	1,03	0,230	689,7
30	0,17E+02	23,05	1,03	0,221	689,1
31	0,19E+02	23,05	1,03	0,215	688,6
32	0,19E+02	23,05	1,03	0,212	688,4
33	0,19E+02	23,05	1,03	0,217	688,7
34	0,19E+02	23,05	1,03	0,221	689,0
35	0,19E+02	23,05	1,03	0,230	690,3
36	0,19E+02	23,05	1,03	0,244	690,8
37	0,67E+01	23,05	0,95	0,233	690,3
38	0,59E+01	23,05	0,95	0,233	689,9
39	0,59E+01	23,05	0,95	0,230	689,7
40	0,67E+01	23,05	0,95	0,207	688,1
41	0,67E+01	23,05	0,95	0,210	688,3
42	0,67E+01	23,05	0,95	0,227	689,5

ESQUEMAMENTO TRANSVERSAL
SUBCN VIZINHOS

ESC TRANSV/ESC AXIAL MEDIO
Z/H = 0,50

ESC TRANSV/ESC AXIAL MEDIO
Z/H = 0,58

1	2	0	8	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	0,34	0,03
2	1	3	11	0,07	-0,03	0,00	0,03	-0,07	0,00
3	2	4	14	0,03	-0,04	-0,04	0,07	-0,00	-0,03
4	3	5	17	0,04	0,04	-0,03	0,00	0,03	-0,07
5	4	6	20	-0,04	0,03	-0,04	-0,03	0,03	0,04
6	1	7	23	0,00	-0,03	0,07	-0,04	-0,03	0,03
7	8	24	25	-0,07	0,00	0,03	-0,03	0,04	0,03
8	1	7	9	-0,03	0,07	-0,00	-0,03	0,03	-0,04
9	8	10	26	0,00	-0,07	0,03	0,04	-0,03	0,03
10	9	11	27	0,07	-0,03	-0,00	0,03	-0,07	0,00
11	2	10	12	-0,00	0,03	-0,07	-0,00	0,07	-0,03
12	11	13	23	0,07	-0,03	0,00	0,03	-0,03	0,00
13	12	14	29	0,03	-0,04	-0,04	0,08	0,00	-0,04
14	3	13	15	0,04	0,04	-0,03	0,03	-0,00	-0,07
15	14	16	30	0,03	-0,04	-0,04	0,07	0,01	-0,04
16	15	17	31	0,04	0,04	-0,04	-0,01	0,03	-0,07
17	4	16	13	0,03	-0,04	-0,03	0,07	-0,03	-0,00
18	17	19	32	0,03	0,05	-0,04	0,00	0,03	-0,07
19	18	20	33	-0,05	0,03	-0,03	-0,03	0,03	0,04
20	5	19	21	0,04	-0,03	0,04	-0,04	-0,03	0,03
21	20	22	34	-0,04	0,03	-0,04	-0,03	0,03	0,04
22	21	23	35	-0,03	0,00	0,07	-0,03	-0,04	0,03
23	6	22	24	-0,07	-0,00	0,03	-0,03	0,04	0,03
24	7	23	36	-0,00	-0,03	0,07	-0,04	-0,03	0,03
25	7	26	37	-0,03	-0,16	0,23	-0,03	-0,11	0,14
26	9	25	38	-0,03	0,16	-0,08	-0,03	0,11	-0,08
27	10	28	38	0,00	-0,04	0,04	-0,00	-0,04	0,04
28	12	27	39	-0,00	0,04	-0,03	-0,00	0,04	-0,03
29	13	30	39	0,04	-0,11	0,07	0,04	-0,16	0,07
30	15	29	40	0,04	0,11	-0,14	0,04	0,16	-0,24
31	16	32	40	0,04	-0,23	0,14	0,07	-0,30	0,24
32	18	31	41	0,04	0,23	-0,31	0,07	0,30	-0,38
33	19	34	41	0,03	-0,34	0,31	-0,04	-0,34	0,38
34	21	33	42	0,04	0,34	-0,37	-0,04	0,34	-0,29
35	22	36	42	-0,07	-0,30	0,37	-0,03	-0,22	0,29
36	24	35	37	-0,07	0,30	-0,23	-0,03	0,22	-0,14
37	25	36		-0,23	0,23		-0,14	0,14	
38	26	27		0,08	-0,04		0,08	-0,04	
39	28	29		0,03	-0,07		0,03	-0,07	
40	30	31		0,14	-0,14		0,24	-0,24	
41	32	33		0,31	-0,31		0,38	-0,38	
42	34	35		-0,37	-0,37		0,29	-0,29	

COORDENADA AXIAL - Z/H = 1,00
TEMP MEDIA = 709,3

SUB	AREA MM2	PRESSAO ADM	VELDC ADM	ENTAL ADM	TEMPER KEL
1	0,90E+01	22,28	0,93	0,689	723,1
2	0,90E+01	22,28	0,93	0,673	722,0
3	0,90E+01	22,28	0,93	0,655	720,6
4	0,90E+01	22,28	0,93	0,662	721,2
5	0,90E+01	22,28	0,93	0,669	721,7
6	0,90E+01	22,28	0,93	0,653	723,4
7	0,90E+01	22,28	0,93	0,653	716,1
8	0,90E+01	22,28	0,93	0,649	720,2
9	0,90E+01	22,28	0,93	0,583	715,4
10	0,90E+01	22,28	0,93	0,567	714,2
11	0,90E+01	22,28	0,93	0,621	718,2
12	0,90E+01	22,28	0,93	0,538	712,1
13	0,90E+01	22,28	0,93	0,537	712,1
14	0,90E+01	22,28	0,93	0,599	716,6
15	0,90E+01	22,28	0,93	0,521	710,9
16	0,90E+01	22,28	0,93	0,534	711,9
17	0,90E+01	22,28	0,93	0,551	716,0
18	0,90E+01	22,28	0,93	0,546	712,7
19	0,90E+01	22,28	0,93	0,549	712,5
20	0,90E+01	22,28	0,93	0,622	718,2
21	0,90E+01	22,28	0,93	0,568	714,3
22	0,90E+01	22,28	0,93	0,557	716,4
23	0,90E+01	22,28	0,93	0,643	719,8
24	0,90E+01	22,28	0,93	0,604	716,9
25	0,18E+02	22,28	1,03	0,464	706,7
26	0,18E+02	22,28	1,03	0,455	706,1
27	0,18E+02	22,28	1,03	0,434	704,6
28	0,18E+02	22,28	1,03	0,411	702,9
29	0,18E+02	22,28	1,03	0,356	701,8
30	0,18E+02	22,28	1,03	0,385	701,0
31	0,18E+02	22,28	1,03	0,352	701,5
32	0,18E+02	22,28	1,03	0,356	701,8
33	0,17E+02	22,28	1,03	0,417	703,4
34	0,17E+02	22,28	1,03	0,428	704,2
35	0,17E+02	22,28	1,03	0,445	705,4
36	0,17E+02	22,28	1,03	0,458	706,3
37	0,67E+01	22,28	0,93	0,451	705,8
38	0,67E+01	22,28	0,93	0,436	704,7
39	0,67E+01	22,28	0,93	0,350	701,4
40	0,67E+01	22,28	0,93	0,381	700,7
41	0,67E+01	22,28	0,93	0,492	701,5
42	0,50E+01	22,28	0,93	0,420	703,5

COORDENADA AXIAL - Z/H = 1,08
TEMP MEDIA = 712,3

SUB	AREA MM2	PRESSAO ADM	VELDC ADM	ENTAL ADM	TEMPER KEL
1	0,82E+01	22,12	0,93	0,739	724,7
2	0,98E+01	22,12	0,93	0,721	725,5
3	0,82E+01	22,12	0,93	0,711	724,7
4	0,98E+01	22,12	0,93	0,707	724,4
5	0,82E+01	22,12	0,93	0,725	725,7
6	0,98E+01	22,12	0,93	0,735	726,4
7	0,82E+01	22,12	0,93	0,636	719,2
8	0,98E+01	22,12	0,93	0,657	723,0
9	0,82E+01	22,12	0,93	0,623	718,3
10	0,98E+01	22,12	0,93	0,613	717,6
11	0,82E+01	22,12	0,93	0,663	721,2
12	0,98E+01	22,12	0,93	0,528	715,8
13	0,82E+01	22,12	0,93	0,581	715,3
14	0,98E+01	22,12	0,93	0,548	722,2
15	0,82E+01	22,12	0,93	0,575	714,8
16	0,98E+01	22,12	0,93	0,579	715,1
17	0,82E+01	22,12	0,93	0,647	723,1
18	0,98E+01	22,12	0,93	0,582	715,3
19	0,82E+01	22,12	0,93	0,559	716,6
20	0,98E+01	22,12	0,93	0,657	720,8
21	0,82E+01	22,12	0,93	0,615	716,0
22	0,98E+01	22,12	0,93	0,623	718,3
23	0,82E+01	22,12	0,93	0,590	723,6
24	0,98E+01	22,12	0,93	0,612	718,9
25	0,19E+02	22,12	1,03	0,501	705,4
26	0,19E+02	22,12	1,03	0,483	708,6
27	0,19E+02	22,12	1,03	0,464	706,8
28	0,19E+02	22,12	1,03	0,441	705,0
29	0,19E+02	22,12	1,03	0,437	704,8
30	0,19E+02	22,12	1,03	0,429	704,2
31	0,17E+02	22,12	1,03	0,433	704,5
32	0,17E+02	22,12	1,03	0,438	704,8
33	0,17E+02	22,12	1,03	0,435	706,1
34	0,17E+02	22,12	1,03	0,466	707,0
35	0,17E+02	22,12	1,03	0,468	703,5
36	0,17E+02	22,12	1,03	0,449	707,3
37	0,67E+01	22,12	0,93	0,490	703,7
38	0,67E+01	22,12	0,93	0,468	707,0
39	0,67E+01	22,12	0,93	0,429	704,2
40	0,67E+01	22,12	0,93	0,417	703,3
41	0,59E+01	22,12	0,93	0,426	704,0
42	0,59E+01	22,12	0,93	0,473	707,4

ESQUEMA DO TRANSVERSAL
SUBCN SUBCN VIZINHOS

ESC TRANSV/ESC AXIAL MEDIO Z/H = 1,00				ESC TRANSV/ESC AXIAL MEDIO Z/H = 1,08			
1	2	6	8	0,04	0,04	-0,03	0,03
2	1	3	11	-0,04	0,03	-0,04	-0,03
3	2	4	14	-0,03	0,03	0,07	-0,03
4	3	5	17	-0,00	-0,07	0,03	0,04
5	4	6	20	0,07	-0,03	0,00	0,03
6	1	5	23	-0,04	0,03	-0,04	-0,03
7	8	24	25	0,04	0,04	-0,04	0,03
8	1	7	9	0,03	-0,04	-0,03	0,07
9	8	10	26	0,03	0,05	-0,04	0,00
10	9	11	27	-0,05	0,03	-0,03	-0,03
11	2	10	12	0,04	-0,03	0,04	-0,04
12	11	13	23	-0,04	0,03	-0,04	-0,03
13	12	14	29	-0,03	0,00	0,07	-0,03
14	3	13	15	-0,07	-0,00	0,03	-0,03
15	14	16	30	-0,03	-0,00	0,07	-0,04
16	15	17	31	0,00	-0,07	0,03	-0,03
17	4	16	18	-0,03	0,07	-0,00	-0,03
18	17	19	32	0,00	-0,07	0,03	-0,03
19	18	20	33	0,07	-0,03	-0,00	0,03
20	5	19	21	-0,00	0,03	-0,07	-0,00
21	20	22	34	0,07	-0,03	0,00	0,03
22	21	23	35	0,03	-0,04	-0,04	-0,04
23	6	22	24	0,04	0,04	-0,03	-0,03
24	7	23	36	-0,04	0,03	-0,04	0,01
25	7	26	37	0,04	-0,23	0,14	0,07
26	9	25	38	0,04	0,23	-0,31	0,07
27	10	28	38	0,03	-0,34	0,31	-0,04
28	12	27	39	0,04	0,34	-0,37	-0,04
29	13	30	39	-0,07	-0,30	0,37	-0,03
30	15	29	40	-0,07	0,30	-0,23	-0,03
31	16	32	40	-0,03	-0,16	0,23	-0,03
32	18	31	41	-0,03	0,16	-0,08	-0,03
33	19	34	41	0,00	-0,04	0,04	-0,00
34	21	33	42	-0,00	0,04	-0,03	-0,00
35	22	35	42	0,04	-0,11	0,07	-0,16
36	24	35	37	0,04	0,11	-0,14	0,04
37	25	36		-0,14	0,14	-0,24	0,24
38	26	27		0,31	-0,31	0,34	-0,38
39	28	29		0,37	-0,37	0,29	-0,29
40	30	31		0,23	-0,23	0,14	-0,14
41	32	33		0,08	-0,04	0,08	-0,04
42	34	35		0,03	-0,07	0,03	-0,07