APLICATIVOS GRÁFICOS PARA PÓS-PROCESSAMENTO EM MECÂNICA DOS FLUIDOS E TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Carlos Henrique Marchi, Sergio Polina e Jonas Gretter
Grupo de Simulação Numérica em Mecânica dos Fluidos
e Transferência de Calor - SINMEC
Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC
Cx. Postal 476 - 88049 - Florianópolis - SC

INTRODUÇÃO

Na análise dos resultados obtidos com a solução de problemas de transporte de quantidade de movimento, calor e massa é indispensável o uso de aplicativos gráficos para facilitar, ou mesmo permitir, a visualização dos fenômenos físicos.

Este trabalho apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento de aplicativos nesta área e exemplifica algumas aplicações.

Os aplicativos gráficos que serão descritos aqui são:

a) determinação de isocurvas de propriedades, como isotermas, isobáricas, linhas de corrente, linhas de Mach constante e linhas de calor e etc;
b) vetores velocidades, que é a representação do escoamento através do módulo, direção e sentido da velocidade.

Estes aplicativos são úteis para o pós-processamento em transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional, utilizam campos de dados discretos de determinadas propriedades e ou componentes de velocidade a serem representados graficamente. Os aplicativos desenvolvidos foram escritos em linguagem de programação Pascal e são executáveis em ambiente MS-DOS, contendo recursos de saída gráfica para vídeo, impressora e traçador gráfico (plotter).

DETERMINAÇÃO DE ISOCURVAS

A principal dificuldade na concepção de um aplicativo para a determinação de isocurvas é a união na ordem correta dos pontos que pertencem à mesma isocurva. Nesta seção apresenta-se um método para a

CNMAC São José do Rio Preto 4-8 SET 1989.

determinação de isocurvas que apresenta rapidez e eficiência.

Tomando como exemplo a Fig. 1, onde o armazenamento da propriedade é no centro do volume de controle e sobre a fronteira, o processo de determinação inicia-se com a interpolação linear, da isocurva procurada, entre o primeiro e o segundo pontos do contorno sul. Prossegue-se com as interpolações entre cada dois pontos do contorno sul, até que seja encontrada a primeira coordenada da isocurva.

Com os dois pontos adjacentes à primeira coordenada da isocurva (pontos 1 e 2 da Fig. 1) forma-se um paralelogramo. Interpola-se entre os pontos 1 e 3, 2 e 4, e ainda 3 e 4 (não interpola-se entre os pontos 1 e 2 porque isto já ocorreu quando obteve-se a primeira coordenada da isocurva). Obrigatoriamente em uma destas três últimas interpolações será encontrado o segundo ponto da isocurva.

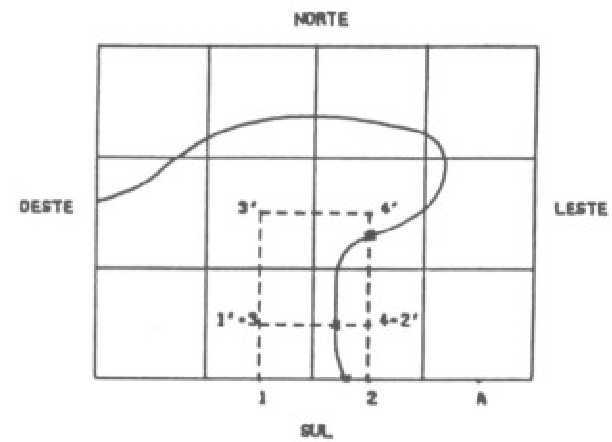


Figura 1 - Método de determinação de isocurvas.

Num paralelogramo sempre obteremos dois pontos de uma determinada isocurva (a não ser que se utilize interpolações entre as diagonais do paralelogramo, que neste caso haveria a necessidade de ordenação dos pontos), onde o segundo ponto é o que orienta a formação do próximo paralelogramo.

O novo paralelogramo é o único adjacente ao anterior, de tal forma, que um de seus lados seja aquele em que se obteve o último ponto da isocurva. No caso da Fig. 1, o novo paralelogramo é formado pelos pontos 1',2',3' e 4'.

Prossegue-se com a obtenção de novos pontos da isocurva, através da formação de novos paralelogramos, até que um dos lados de um paralelogramo coincida com qualquer fronteira do domínio físico. Quando isto ocorrer, estará determinada a primeira curva da isocurva em questão. Continua-se, então, a partir do primeiro paralelogramo formado (pontos 2 e A), interpolando a cada dois pontos do contorno sul até o seu fim. Em seguida, interpola-se entre os pontos dos contornos leste, oeste e norte. Encontrando-se um novo ponto da isocurva em algum destes contornos, deve-se verificar sua existência na curva já determinada. Caso exista prosseguem-se as interpolações nos contornos, não existindo, inicia-se o mesmo processo já descrito, para obter a segunda curva.

Estas interpolações nos contornos permitem encontrar apenas isocurvas abertas (início e fim nos contornos). Para verificar a existência de curvas fechadas (isto é, que não tocam nos contornos) é necessário varrer todo o domínio interno efetuando interpolações em uma das linhas coordenadas. Caso seja encontrado algum ponto, adota-se o mesmo processo das curvas abertas para determinar as curvas fechadas. Deve-se notar apenas que, o fim do processo de obtenção de uma curva fechada ocorrerá quando encontrar-se um ponto que coincida com o primeiro da curva. Assim, há a necessidade de testar-se a cada novo ponto encontrado, se ele já foi determinado.

Terminando todas as interpolações nos contornos do domínio e em seu interior, passa-se à determinação de uma nova isocurva (outro valor da propriedade de campo) reiniciando-se as interpolações no contorno sul, seguindo com o mesmo procedimento já exposto.

Na Fig. 2 mostra-se um exemplo da aplicação do método de determinação de isocurvas para um problema de convecção natural numa cavidade hexagonal [1]. Outras aplicações estão nas Figs. 3(a) e 3(b) para um escoamento supersônico sobre um corpo cilíndrico [2].

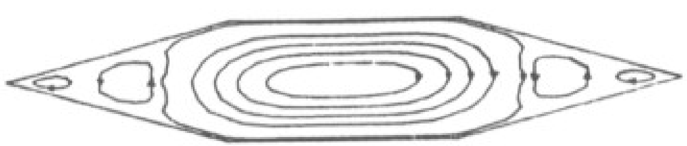
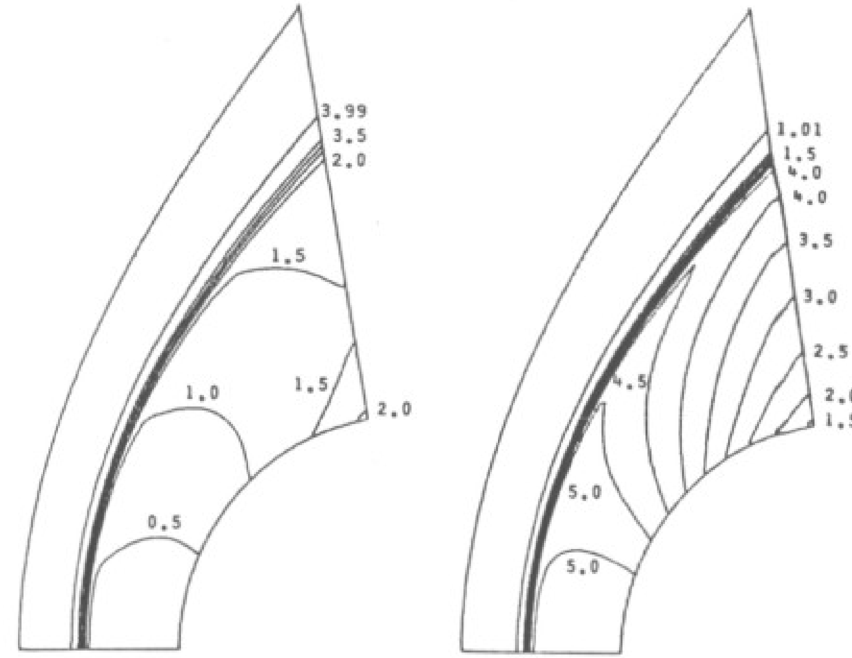


Figura 2- Linhas de corrente da convecção natural em uma cavidade hexagonal para $Ra = 10^4$.



(a) Linhas de Mach (b) Linhas de massa específica

Figura 3 - Linhas de isopropriedades de um escoamento supersônico ($M_\infty = 4.0$) sobre um corpo cilíndrico.

O método de determinação de isocurvas pode ser estendido para a obtenção de isosuperfícies em campos tridimensionais, assim como a qualquer forma geométrica de volumes elementares. No caso de isosuperfícies determina-se em cada plano xy, xz e yz, as curvas existentes para um dado valor da propriedade de campo. O desenho resultante da união de todas estas curvas representa uma isosuperfície.

REPRESENTAÇÃO DE VETORES VELOCIDADES

Um modo versátil para verificar a magnitude, direção e sentido da velocidade em todo o domínio é através da visualização dos vetores velocidades. No caso de um problema tridimensional, a representação dos vetores pode ser simplicada através de planos bidimensionais.

Tendo-se as componentes do vetor velocidade calcula-se o módulo, direção e sentido das componentes armazenadas em cada volume do domínio discretizado, e através dos pontos coordenados correspondentes à localização no domínio, representam-se os vetores velocidades.

Observa-se que quando existe uma grande concentração de linhas coordenadas em certas regiões do domínio, e como tem-se um vetor velocidade em cada volume, a visualização nesta região pode ficar prejudicada devido a superposição dos vetores. Para isto, pode-se utilizar um método automático de eliminação, à escolha do usuário, que em contrapartida, requer uma elevada capacidade de memória e grande tempo de execução. Em um micro tipo PC isto se torna muitas vezes inviável.

Na Fig. 4 temos a representação dos vetores velocidades para o escoamento no interior de um canal, onde pode-se observar o desenvolvimento da região de entrada, o perfil de velocidade e a região de recirculação. Outro exemplo de aplicação está na Fig. 5.

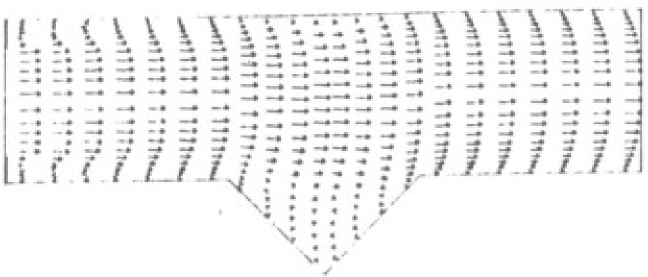


Figura 4 - Vetores velocidades num escoamento interno.

Na representação gráfica, o comprimento do vetor corresponde a magnitude da velocidade enquanto que a seta tem sempre a mesma dimensão. Pode-se optar em representar o tamanho da seta também em função da magnitude, mas isto pode ser prejudicial em certos casos onde ocorrem recirculações com velocidades muito baixas, podendo o vetor passar a ser representado por um ponto, o que tornaria impossível verificar o sentido do escoamento.

CONCLUSÃO

Os aplicativos gráficos apresentados neste trabalho são ferramentas muito úteis para o pós-processamento (isocurvas e vetores

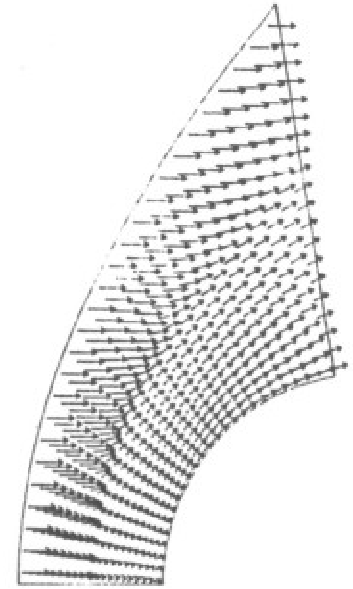


Figura 5 - Vetores velocidades num escoamento supersônico sobre um corpo cilindrico com onda de choque [2].

velocidades) em transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional, auxiliando na visualização e interpretação dos resultados.

A metodologia utilizada neste trabalho pode ser empregada no desenvolvimento de novos aplicativos, como traçado de partículas; isosuperfícies; e representação tridimensional de vetores velocidades.

REFERÊNCIAS

[1] Polina, S. e Silva, A.F.S. e Maliska, C.R., 'Previsão Numérica da Convecção Natural em Cavidades Hexagonais', I Encontro Nacional de Ciências Térmicas - ENCIT, Rio de Janeiro, dezembro, 1986.

[2] Maliska, C.R. e Silva, A.F.C. 'Desenvolvimento de códigos computacionais para solução de problemas de escoamentos de alta velocidade; parte II', EMC/UFSC, Florianópolis, dezembro, 1987. 55 p.