

## SUMÁRIO

Desenvolveu-se neste estudo um programa de simulação numérica de escoamentos de fluídos viscoelásticos não-lineares, em regime laminar, partindo de um programa existente para fluídos Newtonianos. Como equação constitutiva reológica escolheu-se um modelo diferencial não-linear, designado por modelo de White-Metzner, que engloba como casos particulares o modelo Newtoniano Generalizado e o modelo Convectivo Superior de Maxwell. O algoritmo de resolução baseia-se no método SIMPLEC (Semi-Implicit-Method for Pressure Linked Equations) extendido à marcha no tempo. Todas as equações que governam o comportamento dinâmico e reológico dos fluídos foram expressas em coordenadas gerais não-ortogonais, tendo-se mantido os termos de carácter inercial.

As equações foram discretizadas usando a formulação de volumes finitos e recorrendo a malhas colocadas para cálculo das variáveis. Aos termos convectivos aplicaram-se técnicas de interpolação de primeira (UDS) e segunda (LUDS) ordem de precisão a seleccionar pelo utilizador, sendo que aos termos difusivos se aplicaram sempre as diferenças centradas.

Os testes efectuados com este programa pretenderam avaliar da qualidade das previsões quer por comparação com as soluções teóricas, quer com as soluções numéricas existentes. No que diz respeito às soluções em escoamento desenvolvido as diferenças observadas foram da ordem de precisão do cálculo, independentemente da reologia do fluído. Já no que diz respeito às zonas de desenvolvimento de escoamento de fluídos Newtonianos observaram-se pequenas diferenças nas zonas de entrada que se atribuem à diferente forma como é implementada a equação reológica. A forte elasticidade do fluído revelou-se condicionadora da convergência do programa devido ao aparecimento de tensões muito elevadas junto às fronteiras de entrada devido à incapacidade de adaptação do fluído nestas circunstâncias. No entanto, os números de Deborah para os quais se conseguiu convergência com o modelo de Maxwell Convectivo Superior são semelhantes aos obtidos com programas baseados no método de elementos finitos, mas no caso vertente com significativas vantagens ao nível das necessidades de memória e de velocidade de convergência.

## ABSTRACT

The development of a computer programme to simulate the dynamics of non-linear viscoelastic laminar fluid flows was carried out, following the Semi-Implicit-Method for Pressure Linked Equations (SIMPLEC) algorithm extended to the time marching.

A non-linear viscoelastic differential constitutive equation, the White-Metzner model, was considered and it includes the simpler Generalized Newtonian model and the Upper Convected Maxwell model.

The discretization of all equations was based on the finite-volume method applied to non-orthogonal collocated grid cells. The interpolation technique for the convective terms are user-defined and can be

either a first order (Upwind) or a second order (Linear Upwind) schemes. The diffusion terms were always second order accurate.

The numerical simulations were aimed at assessing the performance of the code in comparison to theoretical and existing numerical solutions. As far as fully developed flows are concerned, the differences were always within the numerical accuracy regardless of the fluid rheology .

Flow development with Newtonian fluids showed small differences in comparison with traditional Newtonian calculation procedures, due to the different form of implementation of the constitutive equation and the inlet conditions, but were nevertheless only detectable in the nearest grid points to the inlet.

The elasticity of the fluids limited convergence of the calculations because of high stress near geometric singularities, whenever the fluid was not given the chance to adapt to occurring changes. For flows conditions and configurations for which convergence occurred with the Upper Convected Maxwell model, the results were similar to those obtained with finite element methods but with significantly less requirements of memory and higher rates of convergence.