

Capítulo 6

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Neste capítulo final, são apresentadas conclusões e sugestões para trabalhos futuros relacionados aos assuntos abordados nesta dissertação.

6.1 – CONCLUSÕES

No presente trabalho foi descrita uma metodologia para projeto inverso de aerofólios em grades de turbomáquinas, utilizando algoritmos de otimização global baseados em busca aleatória controlada (algoritmos CRS). A motivação principal no uso desses algoritmos está na sua relativa facilidade de implementação e no uso direto dos valores da função apenas, sem necessidade de se calcularem derivadas. Além disso, os algoritmos CRS têm sido pouco explorados na solução de problemas inversos, em comparação com outros algoritmos populacionais.

Uma nova versão do CRS foi apresentada neste trabalho (CRS-VBR). Essa versão é baseada em uma busca por coordenadas e introduz uma reflexão baseada na variabilidade da função objetivo em torno do melhor ponto em cada iteração. Trata-se de uma modificação de

outros algoritmos CRS disponíveis na literatura (Ali *et al.*, 1997a), e foi feita com o intuito de balancear automaticamente as buscas locais e globais ao longo do processo de otimização.

A aplicação do CRS-VBR em problemas de projeto inverso de aerofólios em alguns casos de teste produziu resultados promissores em comparação com outras versões do CRS. Apesar disso, o número necessário de iterações para uma boa convergência pode ser considerado alto em relação aos algoritmos de busca local. Além disso, não foram feitas ainda comparações com outros algoritmos distintos dos CRS.

A parametrização geométrica utilizada nesse trabalho coincide, a rigor, com aquela proposta por Venkataraman (1995) e modificada por Rogalsky *et al.* (1999), baseada em arcos Bezier para a descrição das linhas de arqueamento e espessura. Todavia, ao invés de se utilizar diretamente as coordenadas paramétricas dos pontos de controle, optou-se por utilizar os intervalos entre essas coordenadas como variáveis de projeto. Com isso, tornou-se desnecessário a aplicação de restrições para garantir a consistência geométrica da parametrização, garantindo-se ainda a geração de perfis viáveis durante todo o processo de otimização. Por outro lado, fica em aberto a questão sobre a real superioridade desse procedimento em relação ao procedimento original.

Outro aspecto importante verificado nos testes é a importância que a definição da função objetivo tem para o processo de convergência dos algoritmos de busca. Verificou-se que a introdução de ponderações locais com medidas de comprimento dos painéis produz melhorias no processo de convergência — embora esse aspecto não tenha sido analisado em profundidade nesta dissertação.

O uso de um modelo de escoamento potencial (rotina GRADLIN), com opção do ajuste de Gostelow para os efeitos viscosos, foi feito por questões de rapidez computacional. Os algoritmos CRS exigem milhares de chamadas da rotina de cálculo do escoamento e o modelo potencial leva frações de segundo para um cálculo completo. Assim, uma busca completa com 20.000 chamadas da rotina GRADLIN leva em torno de apenas 10 minutos em um computador Pentium III de 1 GHz (usando o compilador Compaq Visual Fortran 6.x, em plataforma Windows). No 3º caso de teste apresentado no Capítulo 5, verificou-se que a metodologia é adequada para o tratamento dos efeitos viscosos pelo ajuste de Gostelow e, provavelmente, deverá se adaptar bem a outras rotinas de cálculo mais complexas e representativas daqueles efeitos. Todavia, essas rotinas costumam apresentar custos computacionais bem mais elevados, podendo levar minutos ou horas para executar um único

cálculo completo de escoamento. Desse modo, torna-se necessário introduzir mecanismos de aceleração dos algoritmos CRS de modo a torná-los viáveis em aplicações mais complexas de projeto inverso.

6.2 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apresentam-se como sugestões para trabalhos futuros os seguintes tópicos:

- 1) Realizar estudos estatísticos sobre o comportamento dos algoritmos CRS em geral e aplicados a problemas de projeto inverso de aerofólios em particular.
- 2) Comparar os algoritmos CRS com outros algoritmos de busca direta, como os algoritmos genéticos e evolutivos.
- 3) Realizar estudos comparativos sistemáticos sobre técnicas de parametrização geométrica de aerofólios e sobre definições de funções objetivo adequadas ao projeto inverso de aerofólios.
- 4) Aplicar metodologias de projeto inverso com rotinas de cálculo de escoamentos viscosos baseados em técnicas de interação viscosa-não viscosa ou no emprego das equações de Navier-Stokes completas.
- 5) Estudar mecanismos de aceleração dos algoritmos CRS e de outros algoritmos, visando reduzir o número de avaliações da função objetivo, principalmente tendo em vista aplicações mais complexas com aquelas sugeridas no item 4.
- 6) Implementar sub-programas para realizar a paralelização e distribuição de cálculos, visando acelerar os códigos de otimização.