



# PUC

MARCO ANTONIO MEGGIOLARO

**CÁLCULO NUMÉRICO TRIDIMENSIONAL DA  
DISPERSÃO DE CONTAMINANTES NA ATMOSFERA**

TRABALHO DE FIM DE CURSO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Rio de Janeiro, 20 de dezembro de 1994

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO

RUA MARQUÊS DE SÃO VICENTE, 225 – CEP 22453

## Resumo

O presente trabalho investigou numericamente a dispersão de poluentes na forma de gases provenientes de uma chaminé sujeita a ventos transversais.

Inicialmente foi calculado em um domínio bidimensional o perfil de um escoamento de ar turbulento (modelo  $k-\epsilon$ ) com densidade variável ao longo de 200km, para estudarmos como chegam os ventos na referida chaminé. Para comparar vários tipos de condições de escoamento, foram calculados também os perfis em um domínio mais reduzido, de 1km, observando variações do perfil da velocidade vertical de acordo com a diferença de temperaturas entre o solo e o ar.

Foram então calculadas concentrações, velocidades e temperaturas para o escoamento dos gases da chaminé em domínios tridimensionais. A validação foi feita através da comparação de nossos resultados com os medidos por Andreopoulos e Rodi, 1984, e resolvidos numericamente por Demuren e Rodi, 1987.

Analisou-se o efeito na dispersão dos gases do perfil de velocidades que atinge a chaminé. Investigou-se ainda o efeito da variação da densidade com a temperatura, assim como o caso isotérmico. Finalmente, considerou-se o efeito no escoamento devido à emissão de gases com diferentes massas moleculares.

O resultado da análise permitiu ainda avaliar metodologias de cálculos mais simples, como por exemplo, situações bidimensionais ou situações onde a presença física da chaminé é desprezada, e mostrando que a análise tridimensional permite captar recirculações no escoamento principal, as quais afetam diretamente a distribuição de temperaturas e concentrações.

Os campos de concentração, velocidade e temperatura foram determinados através do software FLUENT V.4 para estações de trabalho [Fluent Inc., USA], e calculados considerando o ar como gás ideal e incorporando os efeitos do campo gravitacional.

## VIII - Conclusão

O presente trabalho investigou a dispersão turbulenta de poluentes na forma de gases provenientes de uma chaminé situada sobre uma superfície plana infinita sujeita a ventos transversais.

Os campos de concentração, velocidade e temperatura à jusante da chaminé foram determinadas através da solução numérica das equações de conservação de massa, quantidade de movimento linear, energia e massa da espécie química na sua forma tridimensional, elíptica e turbulenta ( utilizando-se o modelo  $k-\epsilon$  ), e permitindo a incorporação dos efeitos do empuxo devido aos gradientes de temperatura. Os cálculos foram todos efetuados através do software FLUENT V.4.

Um estudo em separado sobre o perfil do ar que chegaria na chaminé mostrou que em uma distância de 200km o perfil de velocidade  $u$  toma forma de um perfil 1/11. Além disso, cálculos em domínios menores ( 1 km ), de mais rápida convergência, levaram à conclusão que quanto mais quente estiver o solo em relação ao ar, menores vão ser a componente vertical da velocidade do vento, a energia cinética turbulenta e a dissipação viscosa, pois a espessura da camada limite cresce mais rapidamente.

Concluimos também que o componente vertical dos ventos que chega na chaminé interfere muito pouco na dispersão de poluentes, nos casos estudados.

Além disso, ao considerarmos a densidade variável, de acordo com a lei dos gases ideais, a emissão gasosa adquiriu uma componente vertical da velocidade bem maior, devido ao empuxo. Ao resolvermos o problema com poluentes menos densos, vemos que eles se diluem muito mais rapidamente na atmosfera, atingindo maiores altitudes, ao contrário dos poluentes mais densos.

Descobrimos também que as maiores concentrações de poluição não estão no plano de simetria do problema, e sim nos planos paralelos a ele passando pelas laterais da chaminé, o que mostra que realmente é necessário resolver o problema em um domínio tridimensional, e não bidimensional.

Finalmente, ao calcular os mesmos casos supondo que a chaminé não existisse fisicamente, percebemos que essa simplificação causaria erros no sentido de prever menores concentrações de poluição que o real, e ainda provocaria grandes diferenças de contornos de iso-concentração do plano de simetria em relação aos seus planos vizinhos paralelos, outro erro.

Para complementar a presente análise seria interessante investigar diferentes razões de aspecto da chaminé.

Enfim, restaria apenas uma comparação com dados experimentais adequados de modo a permitir um ajuste ainda melhor das constantes do modelo  $k-\epsilon$  de turbulência.