

UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA INTEGRAÇÃO DE MODELOS MULTIDIMENSIONAIS PARA A SIMULAÇÃO DA DISPERSÃO DE POLUENTES NA ATMOSFERA

TAMARA MENEGHETTI DA CRUZ¹; MARILTON SANCHOTENE DE AGUIAR²;
DANIELA BUSKE³

¹*Universidade Federal de Pelotas – tamara.meneghetti@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – marilton@inf.ufpel.edu.br*

³*Universidade Federal de Pelotas – daniela.buske@ufpel.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

A preservação da qualidade do ar tem sido uma preocupação constante nas últimas décadas e estudos sobre essa qualidade são importantes devido ao aumento de emissões de poluentes na atmosfera, que são provocados pelo crescimento industrial e desenvolvimento tecnológico. Os problemas ocasionados pelas atividades antropogênicas contribuem fortemente para que o ar não fique dentro dos padrões adequados, causando a poluição do ar, chuvas ácidas e contribuindo para a formação do buraco na camada de ozônio. Assim, torna-se necessário a utilização de um sistema multidimensional que ofereça o cálculo da quantidade de poluição dispersada por uma fonte, estimando corretamente os resíduos dispersados por ela.

Um exemplo importante para o estudo da dispersão de poluentes se dá no caso de um acidente nuclear. A segurança no desenvolvimento de reatores nucleares tem sido um fator extremamente importante já que um acidente em uma usina pode causar danos catastróficos. O mais potencial e perigoso é a exposição à radiação. Tal exposição poderia ocorrer da liberação de material radioativo da usina ao meio ambiente, usualmente caracterizada pela formação de uma pluma (nuvem radioativa) (WEYMAR, 2012). Para determinar a área afetada pela liberação radioativa, os fatores como condições meteorológicas e a direção e velocidade do vento devem ser consideradas, já que estas poderiam dirigir rapidamente o material radioativo para o solo, resultando num aumento de deposição de radionuclídeos (MOREIRA et al, 2005).

O aquecimento e/ou resfriamento da terra provoca variação da temperatura e do vento na camada limite e esta faz com que a substância que é emitida na atmosfera se disperse através da difusão turbulenta. Com isso, o transporte de partículas é dominado na horizontal pelo vento médio (advecção) e na vertical pela turbulência. Assim, o transporte e a dispersão de poluentes na atmosfera é, geralmente, descrito pela equação de advecção-difusão (CARRARO, 2015).

As soluções desenvolvidas pelo Grupo de Estudos e Modelagem da Dispersão de Poluentes & Engenharia Nuclear (GDISPEN), da UFPel, utilizam a equação de advecção-difusão e podem ser encontradas em (MOREIRA et al., 2009) e (BUSKE et al., 2012). São utilizadas diversas abordagens e parametrizações para a simulação de modelos uni, bi e tridimensional em dois cenários, estacionário e transiente. As soluções analíticas levam em conta explicitamente todos os parâmetros de um problema, de modo que suas influências podem ser confiavelmente investigadas (WEYMAR, 2012), elas permitem uma análise profunda da sensibilidade dos parâmetros sobre o modelo e não exigem grandes recursos computacionais já que são baseados em expressões analíticas.

O presente trabalho visa contribuir com a necessidade de um sistema que estime a concentração de poluentes, tendo como ponto de partida a integração em software de diversos algoritmos desenvolvidos pelo GDISPEN, que são utilizados para obter a concentração de poluentes dispersados no ambiente de maneira multidimensional, considerando diversos cenários e variáveis.

2. METODOLOGIA

As soluções do GDISPEN variam de acordo com a velocidade e direção do vento, altura da fonte, experimentos a serem comparados, taxa de emissão e altura da camada limite, como pode-se ver na figura 1. Foi desenvolvido um algoritmo genérico, que é editado partindo do modelo que deseja-se simular para realizar o cálculo. Nesta edição, porções de código são comentados (desativados), variáveis são inicializadas com valores previamente determinados e é escolhido o formato da saída do algoritmo, se será via comparação com experimentos, como Copenhagen (GRYNING, 1981), Praire Grass (Barad, 1958), Delhi (SHARAN et al., 2002), utilizando valores tabelados já conhecidos, ou apresentando valores numéricos que serão plotados em gráficos. Na escolha de plotagem, os gráficos não são construídos automaticamente, sendo necessário a utilização de outro software. A geração dos gráficos neste outro software também é manual utilizando os arquivos gerados pelo algoritmo executado em Fortran.

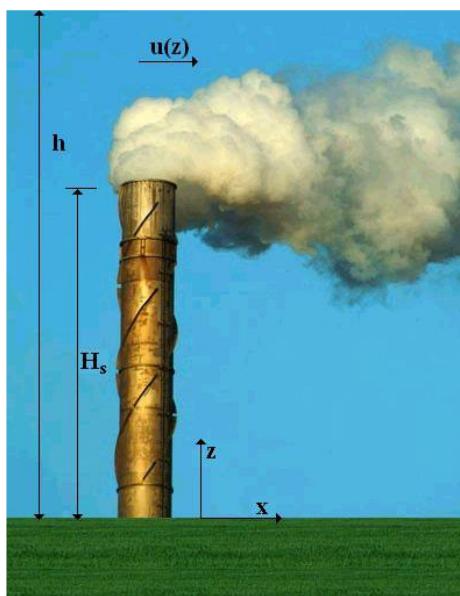


Figura 1 - Esquema ilustrativo representando a dispersão de poluentes

A primeira etapa deste trabalho é realizar a geração de diversos códigos, em Fortran, partindo do algoritmo genérico desenvolvido pelo GDISPEN. Para cada tipo de modelo, com n -dimensões, nos cenários transiente e estacionário deverá ser desenvolvido um código que também deverá considerar a saída para plotagem de gráficos, dados estatísticos ou comparação com experimentos, neste caso também considerando cada experimento. A partir disso será gerada uma biblioteca de códigos que será primordial no desenvolvimento da ferramenta. O atual trabalho encontra-se nesta fase, trabalhando no entendimento de cada caso modelado, para a geração dos códigos e integração dos algoritmos.

Esta primeira parte necessita de um estudo sobre a pesquisa desenvolvida pelo GDISPEN, onde está sendo feito um levantamento sobre os trabalhos

correlatos como (BUSKE, 2008) (CARRARO, 2015) (WEYMAR, 2012) (BUSKE et al., 2012) (MOREIRA et al., 2009).

Ao finalizar a primeira etapa do projeto será realizada uma análise de requisitos dos modelos existentes para identificação da melhor abordagem de integração para então concretizar a proposta já idealizada que utilizará a biblioteca de códigos já desenvolvida.

A linguagem de programação escolhida para o desenvolvimento da integração das soluções é o Java, devido a fatores como portabilidade, flexibilidade e ao paradigma orientado a objetos ser bem desenvolvido e maduro, além do suporte por diversas IDEs (*Integrated Development Environment*) e principalmente por possuir compatibilidade com a linguagem Fortran, permitindo a importação dos códigos e a utilização da biblioteca de códigos desenvolvidas na fase anterior do projeto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A geração de códigos específicos para cada tipo de caso simulado não se trata de uma tarefa trivial já que são inúmeras as variáveis consideradas para cada tipo de simulação. É indispensável o tratamento para cada caso já que a cada problema encontrado a ferramenta deve ser capaz de realizar a simulação de maneira correta e confiável, assim também utilizando todo o conteúdo da pesquisa do GDISPEN. A ferramenta deve ser clara e capaz de facilitar o uso da comunidade acadêmica e pública já que atualmente somente os desenvolvedores do código são capazes de interpretar o código e ajustá-lo a suas necessidades.

Tabela 1 - Avaliação estatística do modelo utilizando os experimentos de Copenhagen, Prairie-Grass e Hanford e perfil de vento similaridade.

Modelos	NMSE	COR	FA2	FB	FS
Copenhagen (convectivo, fonte alta)	0,06	0,92	1,00	-0,14	-0,02
Prairie-Grass (convectivo, fonte baixa)	0,39	0,82	0,57	-0,14	0,37
Hanford (estável, fonte baixa)	0,32	0,90	0,72	0,16	0,33

O uso do Java deve facilitar a implementação da ferramenta porém modificações poderão ocorrer após a análise de requisitos. A ferramenta oferecerá como saída tabelas com valores numéricos, como a tabela 1 (BUSKE, 2008) ou com a oferta de gráficos para visualização, como na figura 2.

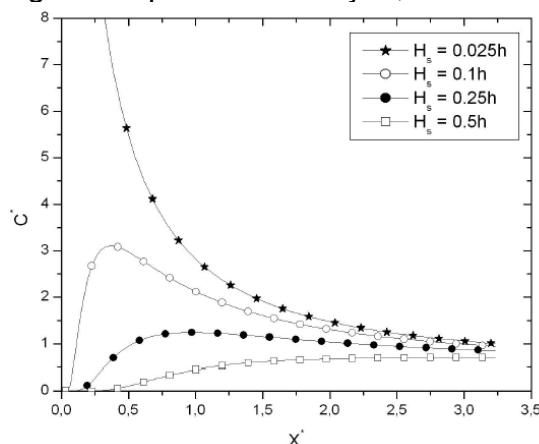


Figura 2 - Gráfico da concentração adimensional no nível do solo em função da posição adimensional para o experimento 8 de Copenhagen, utilizando perfil de vento potência (BUSKE, 2008).

4. CONCLUSÕES

A necessidade da utilização de um sistema multidimensional que ofereça o cálculo da quantidade de poluição dispersada por uma fonte emissora de gases e partículas no ar é essencial pois, por exemplo, indústrias geralmente não possuem acesso a métodos multidimensionais, utilizando métodos obsoletos para o cálculo da dispersão de poluentes que a mesma produz e, assim, não estimando corretamente os resíduos dispersados.

Analizando a quantidade de indústrias existentes no Brasil, pode-se concluir que, se as fontes poluidoras são numerosas e/ou de longo tempo de emissão, os prejuízos ocasionados ao equilíbrio ecológico serão certamente consideráveis. Por isso, é importante tanto para a comunidade acadêmica quanto para a sociedade a oferta de um sistema que estime a concentração de poluentes dispersados no ar já que a emissão de resíduos é responsável por diversos problemas ecológicos, ambientais e de saúde pública. O produto final deste trabalho será uma ferramenta que viabilize a utilização da pesquisa do GDISPEN para a comunidade acadêmica e a sociedade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARAD, M. L., Project Praire-Grass: A field program in diffusion. **Geophys. Res., Air Force Cambridge research Centre, USA**, v. I and II(59), 1958.
- BUSKE, D. **Solução GILTT bidimensional em geometria cartesiana: Simulação da dispersão de poluentes na atmosfera**. 2008. 255 f. Tese de doutorado. (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- BUSKE, D.; VILHENA, M.; TIRABASSI, T.; BODMANN, B. Air Pollution steady-state advection-diffusion equation: the general three-dimensional solution. **Journal of Environmental Protection**, v.4, p. 1-10, 2012.
- CARRARO, Marcos Antonio. **Modelagem da Dispersão de Poluentes Utilizando o Modelo 3D-GILTT**. 2015. 70 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.
- GRYNING, S.E, Elevated source SF6 – tracer dispersion experiments in the Copenhagen área. Report RISOE-R-446, Risoc National Laboratory, Roskilde, Denmark, 1981.
- MOREIRA, D.M.; VILHENA, M.T.; TIRABASSI, T.; CARVALHO, C. A semianalytical model for the Tritium dispersion simulation in the PBL from the ANGRA I nuclear Power plant. **Ecological Modelling**, v. 189(3-4), p. 413-424, 2005.
- MOREIRA, D.M.; VILHENA, M.T.; BUSK, D.; TIRABASSI, T. The state-of-art of the GILTT method to simulate pollutant dispersion in the atmosphere. **Atmospheric Research**, v.92, p. 1-17, 2009.
- SHARAN, M.; YADAV, A. K.; Modani, N. Simulation of short-range diffusion experiment in low wind convective conditions. **Atmospheric Environment**, v.36, p, 1901- 1906, 2002.
- WEYMAR, Guilherme Jahnecke. **Simulação analítica da dispersão de substâncias radioativas liberadas na atmosfera por usinas nucleares pelo método GILTT**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2012.