

I. Sumário

O objectivo deste trabalho é a realização do estudo do Modelo de Qualidade do Ar AERMOD e dos seus preprocessadores de dados, AERMET e AERMAP, desenvolvidos em conjunto pela American Meteorological Society (AMS) e pela Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos da América (E.U.A.), de modo a constituir uma referência dos aspectos fundamentais do modelo, da sua abordagem na consideração do processo de transporte e dispersão de poluentes, no seu modo de funcionamento, suas potencialidades e limitações.

Dada a existência de manuais de utilizador e de um manual de algoritmos para este modelo e seus preprocessadores, procurou-se orientar o estudo para aspectos relevantes pouco desenvolvidos nestes documentos, como sejam alguns algoritmos e a descrição do código base do modelo e preprocessadores em linguagem de programação Fortran.

O AERMOD é um modelo de qualidade do ar, baseado no modelo gaussiano mas contabilizando a turbulência na Camada Limite Convectiva, que utiliza a mesma abordagem no tratamento de terreno plano e terreno com elevações, considera o efeito da turbulência em meio urbano para o período nocturno, a não uniformidade em altura da Camada Limite Planetária, sendo especialmente aplicável a fontes do tipo estacionário. Não são modelados por parte deste modelo os fenómenos de deposição húmida e seca e a reactividade de poluentes. De modo a poder ser utilizado em poluentes em que estes fenómenos são importantes é utilizado um mecanismo de decaimento exponencial.

Para além das características de emissão de poluentes o Modelo necessita de informação relativamente às condições de relevo e de meteorologia na área a modelar e características de superfície. Estas informações são processadas pelos preprocessadores de terreno AERMAP, para os dados de terreno, e meteorológico AERMET, para os dados de meteorologia e características de superfície.

O AERMAP calcula as elevações do terreno nos locais dos receptores e fontes, e escalas de altura, uma medida da influência do terreno sobre a concentração em cada receptor. No AERMET o processamento está dividido em várias fases ou estádios, que compreendem as operações de extracção e avaliação de qualidade dos dados, junção de dados de diferentes proveniências e de cálculo dos parâmetros de camada limite.

Para o funcionamento do Modelo é necessário um número mínimo de dados constituído por medições de velocidade e direcção do vento e temperatura a um nível de altura, nebulosidade e de sondagem a vários níveis de altitude de temperatura e pressão atmosférica para a hora 11,12 ou 13 em Tempo Universal de Greenwich .

A informação de terreno é fornecida ao AERMAP sob a forma de um de dois formatos de modelos digitais de elevação de terreno, de resolução de 1 grau de latitude por 1 grau de longitude e de resolução de 7,5 minutos. A informação meteorológica pode ser fornecida por ficheiro contendo medições realizadas no local ou ficheiros de informação de superfície produzidos pelo National Weather Service dos E.U.A. (NWS) e por sondagens em altitude produzidas pelo NWS. Os ficheiros produzidos pelo NWS têm um formato específico mas o ficheiro de dados locais pode ter qualquer formato desde que este seja especificado pelo utilizador. No caso das características de superfície estas têm de ser especificadas directamente pelo utilizador.

De modo a exemplificar da utilização do modelo e preprocessadores considerou-se a aplicação do modelo a um caso de estudo: a Incineradora da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos dos Municípios de Amadora, Lisboa, Loures e Vila

Franca de Xira. A escolha deste caso de estudo deve-se ao seu posicionamento perto da cidade de Lisboa, onde o efeito do relevo é previsto ser importante. A zona em estudo considerada encontra-se entre as perpendiculares 4 281 000N e 4 309 000N e os meridianos 480 000E e 511 000E, sistema de coordenadas UTM.

Para a zona em estudo, tal como para todo o país, não existem os formatos suportados pelo AERMAP e o AERMET para os ficheiros de dados meteorológicos e de terreno.

No caso dos dados de terreno foram consideradas duas hipóteses para o fornecimento de dados ao AERMAP: a obtenção de informação de terreno a partir de cartas digitalizadas de altimetria e a obtenção de informação de terreno a partir de ficheiros formato DT0, produzidos pela Mapping Imagery Agency dos Estados Unidos da América e existentes gratuitamente na Internet. A primeira hipótese tem a vantagem de permitir a descrição mais pormenorizada do terreno, já que podem ser utilizadas cartas de escala 1:25 000 ou mesmo inferiores enquanto que no segundo caso a informação de terreno está disponível apenas aproximadamente de quilómetro a quilómetro. Esta hipótese revelou-se, no entanto impossível, de realizar dadas as dificuldades em encontrar cartas adequadas a um custo razoável. O esquema desenvolvido, que envolve a extracção das cartas de valores de elevações em vários pontos de terreno e utilização deste dados num programa que realiza os mesmos cálculos que o AERMAP, permite, no entanto, exemplificar um possível modo de utilização desta informação se se encontrar disponível no futuro.

Para a implementação da segunda hipótese houve necessidade de conversão do ficheiro original, que não poderia ser utilizado directamente por um programa em linguagem de programação Fortran, por um programa de visualização de ficheiros de terreno, o TERRABASE II, também disponível na Internet, para um formato que permitisse a leitura dos dados por um comando de linguagem Fortran. Para a utilização do ficheiro resultante, tipo XYZ, pelo AERMAP foi considerada a implementação de uma opção existente no código base do AERMAP, em que poderia ser codificada pelo utilizador a utilização de um outro tipo de ficheiro de dados de terreno, tipo USER. De forma a permitir que a implementação fosse mais fácil, tendo em conta a complexidade do código base do AERMAP, foi realizada a conversão do ficheiro tipo XYZ para um ficheiro de estrutura semelhante ao ficheiro de resolução de 1 grau de latitude/longitude, criando-se para isso o programa CONVERTERDEM. Este processo de fornecimento de dados de terreno ao AERMAP assim desenvolvido possibilita a aplicação do AERMAP em qualquer zona do país, Continente e Regiões Autónomas, tendo em conta a disponibilidade fácil dos ficheiros tipo DT0. Para outras regiões do globo o esquema desenvolvido poderá também ser aplicável mediante algumas pequenas alterações.

Os dados meteorológicos foram fornecidos ao AERMET na opção de dados locais, para as medições de velocidade e direcção do vento, temperatura, pressão e nebulosidade, e para as medições de sondagem em altitude através da criação de um ficheiro de formato suportado pelo programa. Para a obtenção dos dados de base foi considerado, e estabelecidos contactos nesse sentido, o seu fornecimento em formato electrónico pelo Instituto de Meteorologia, o que, no entanto, se mostrou impossível. Os dados meteorológicos que se utilizaram têm diversas proveniências. Para os dados de direcção e velocidade do vento e de temperatura foram utilizadas as medidas semi-horárias realizadas pela Valorsul na estação de medição de S. Iria de Azóia, perto da Incineradora, contidas em ficheiros diários. Devido à inexistência de medições para a nebulosidade e pressão para esta fonte de dados foram consideradas as medições de superfície do Instituto de Meteorologia obtidas em formato papel da publicação Boletim

Diário. Para as sondagens em altitude foram utilizados também os valores referidos nesta publicação. Para a utilização destes dados pelo AERMET foram desenvolvidos dois programas, ONSITE e SONDAGEM. O primeiro programa reúne num só ficheiro de dados locais as medições de nebulosidade e pressão, de velocidade e direcção do vento e de temperatura. O segundo dispõe os dados de sondagem de modo a que possam ser utilizados pelo AERMET.

As características de superfície, necessárias ao AERMET, foram obtidas por observação do uso do solo numa zona de 3 km em redor da fonte, indicado em cartas escala 1: 25 000 produzidas pelo Instituto Geográfico do Exército, e utilizando valores tabelados de características em função do uso do solo. As características de superfície foram obtidas para cada sector de direcção do vento através do programa SUPERFICIE, desenvolvido para o efeito.

Para a realização da modelação de qualidade do ar foi considerado o poluente SO₂, devido a ser o poluente emitido a uma taxa de emissão mais elevada e por ser um poluente típico emitido por fontes estacionárias, para as quais o AERMOD é mais aplicável. Igualmente, a modelação deste poluente permite a utilização de disposições específicas existentes no AERMOD para este poluente.

Na modelação foram consideradas taxas de emissão horárias, obtidas a partir de medições da Valorsul de concentração de SO₂ nos gases de chaminé e de caudal de gases de chaminé. Como na Incineradora existem três saídas de gases de combustão localizadas a uma curta distância entre elas, considerou-se uma única fonte pontual equivalente.

Dado que o AERMOD considera o efeito dos edifícios no escoamento foi feita uma avaliação das dimensões (largura e altura) de edifícios perto da fonte, através observação de cartas e por visita ao local.

Devido a limitações do modelo e à reduzida extensão do período para o qual os dados recolhidos se encontravam disponíveis não foi efectuada calibração do modelo.

A modelação efectuada, realizada para as condições meteorológicas dos dias 21 a 30 de Julho de 1998, pretendeu detectar as zonas mais afectadas pela produção da Incineradora, em termos da máxima concentração de poluente nos receptores para determinado período de média, e evidenciar o efeito do terreno e da turbulência urbana nocturna nos resultados de concentrações máximas para vários períodos de média.

Numa primeira fase foi feita uma análise de impacte com uma rede de receptores uniformemente espalhados pela zona em estudo. Os resultados obtidos permitiram detectar que as zonas mais afectadas para as condições meteorológicas consideradas são as zonas a Norte, Nordeste, Este e Sudeste, da Incineradora, com uma predominância da zona Sudeste. Verificou-se que um aumento da turbulência urbana nocturna tem como efeito uma redução da concentração nos receptores indicados.

Para estudar o efeito do relevo foram calculadas, pelo modelo, as concentrações máximas em receptores estrategicamente colocados em Lisboa, onde o relevo é acidentado. Os resultados demonstraram que embora não sendo o principal factor determinante da concentração de SO₂ nos receptores, que são as condições meteorológicas, o relevo tem influência na qualidade do ar nos receptores, devido essencialmente ao efeito da elevação da base dos receptores relativamente à elevação da base da fonte.

A realização do caso de estudo permitiu concluir a possibilidade de aplicação do AERMOD em Portugal satisfazendo as suas necessidades de dados mínimos, embora no caso do terreno seja difícil a obtenção de dados descritores do terreno com um pormenor aceitável.

II. Introdução

A modelação da qualidade do ar é uma técnica importante no apoio à decisão do licenciamento de uma actividade que cause impacte na qualidade do ar. Em zonas de relevo acidentado, tal como na cidade de Lisboa, o contributo da modelação na previsão da qualidade do ar é particularmente relevante pois nessas zonas, em última análise a qualidade do ar detectada por medições é representativa apenas de uma pequena área em redor do ponto de medição (Galinho et al., 1998). No âmbito da Directiva Quadro do Ar da União Europeia (96/62/CE do Conselho de 25 de Setembro de 1996), que se encontra em transposição para a legislação nacional, o papel da modelação surge destacado na monitorização da qualidade do ar em zonas onde os níveis de poluição não justificam os custos de instalação de uma rede de medição de qualidade do ar.

Uma utilização mais corrente da modelação da qualidade do ar encontra actualmente algumas dificuldades. Grande parte dos modelos actuais faz a distinção entre situação de terreno com elevações abaixo da altura da fonte de poluentes, e terreno com elevações acima da altura de fonte de poluentes, o que origina descontinuidades em situações de terreno acidentado, onde a utilização da modelação é particularmente vantajosa. Outro problema na aplicação de modelos existentes reside na quantidade e qualidade de dados necessários e nos recursos computacionais muitas vezes exigidos para que se tenha uma contabilização, num grau aceitável, dos processos físicos e químicos envolvidos no transporte e dispersão de poluentes.

Neste trabalho faz-se o estudo de um modelo de qualidade do ar, desenvolvido pela American Meteorological Society (AMS) e pela Environmental Protection Agency (EPA) dos Estados Unidos da América, que permite contornar estes obstáculos à utilização da modelação: o AERMOD. Se, por um lado, este modelo permite a realização de modelação com uma quantidade de dados não muito elevada e com recursos computacionais que se podem considerar correntes (computador pessoal), os processos da atmosfera mais relevantes para a qualidade do ar são considerados: efeito do terreno, com um tratamento semelhante de terreno plano ou com elevações, a existência de não-homogeneidade vertical na atmosfera, a dispersão em meio urbano, turbulência em condições convectivas. Os únicos processos atmosféricos relevantes que não são contabilizados são a reactividade dos poluentes e deposição, húmida ou seca.

A realização de um estudo do AERMOD e seus preprocessadores meteorológico (AERMET) e de terreno (AERMAP), abordando os aspectos mais relevantes quanto aos fundamentos teóricos dos algoritmos utilizados, modo de funcionamento e o código base, permite a constituição de uma referência que conjuntamente com os Manuais de Utilizador (U.S. E.P.A., 1998a; 1998b; 1998c) e Manual de Algoritmos (Cimorelli et al., 1998), possa ser consultada por quem pretenda utilizar o modelo. O ênfase principal deste trabalho é no sentido de preencher lacunas importantes detectadas nestes documentos que acompanham o modelo, de entre as quais a principal é uma descrição sumária do código base que é utilizado para realizar o executável. Esta informação é de particular utilidade para os utilizadores que pretendam realizar alterações ao modelo, que possam vir a ser necessárias não só devido ao avanço da compreensão científica dos fenómenos atmosféricos que influenciam a qualidade do ar mas também para a adaptação do modelo a situações locais e dados específicos, tal como foi necessário realizar neste trabalho. O estudo do modelo foi apoiado, numa parte significativa, no estudo do código base do AERMOD e preprocessadores.

Dado que se trata de um modelo desenvolvido nos Estados Unidos da América, por isso adaptado aos formatos de dados aí existentes, considera-se neste trabalho, um caso de estudo, para o qual é aplicado o modelo, possibilitando uma exemplificação prática dos problemas que podem surgir a quem pretenda utilizar o modelo em Portugal e os modos possíveis para os ultrapassar. Para o caso de estudo foi considerada a Incineradora da Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (CTRSU) dos Municípios de Amadora, Lisboa, Loures e Vila Franca de Xira, gerida pela empresa Valorsul, devido à sua localização perto de Lisboa, uma zona de relevo acidentado, que permite a avaliação da influência do terreno na poluição atmosférica.