

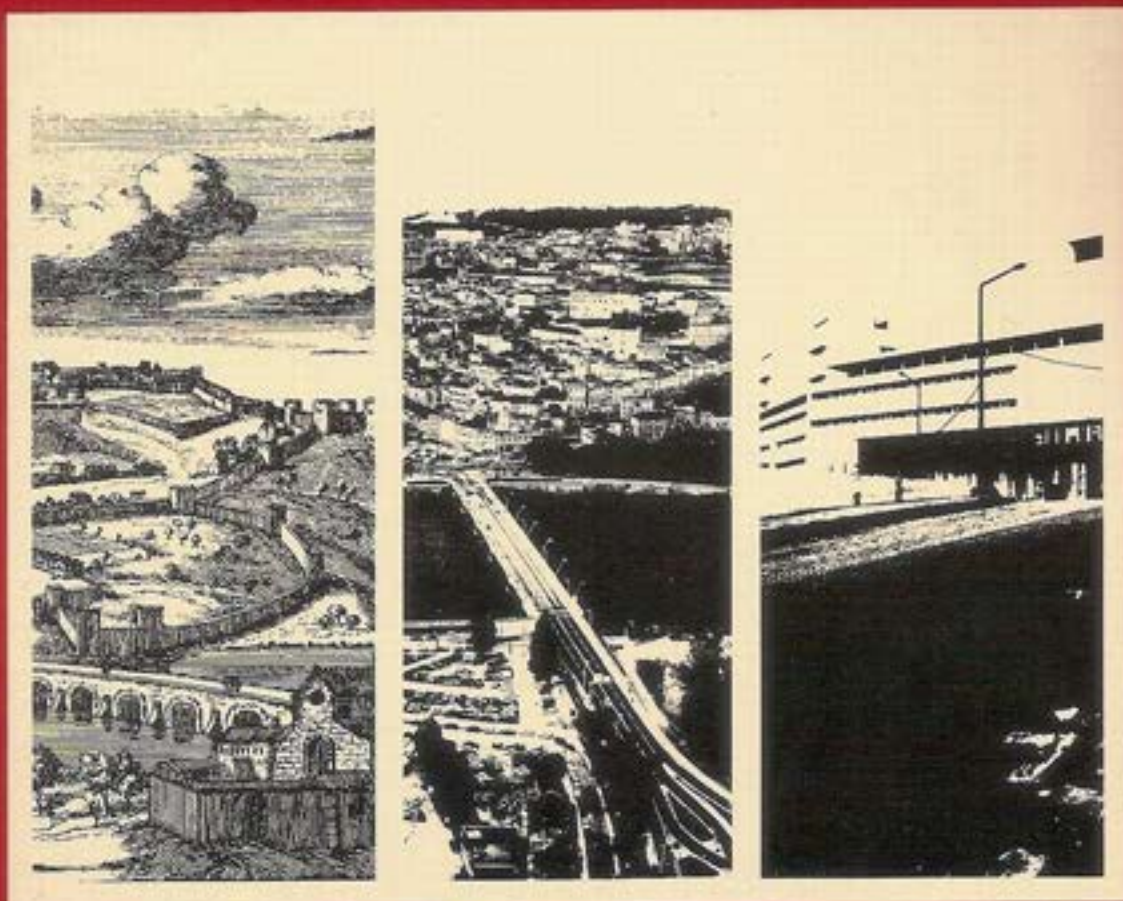
# CADERNOS DE GEOGRAFIA

NÚMERO ESPECIAL

INSTITUTO DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS  
com a colaboração do Centro de Estudos Geográficos

FACULDADE DE LETRAS - UNIVERSIDADE DE COIMBRA

ACTAS DO SEGUNDO COLÓQUIO DE GEOGRAFIA DE COIMBRA  
COIMBRA 1999



## CONTEXTO CLIMÁTICO, QUALIDADE DO AR E SAÚDE HUMANA: ALGUMAS RELAÇÕES DE CAUSALIDADE

Rui Ferreira\*  
Teresa Amante\*\*

### I. INTRODUÇÃO

Mesmo sem nos apercebermos disso, muitos dos aspectos da nossa vida quotidiana são de alguma forma influenciados, condicionados ou mesmo controlados pelo meio atmosférico que nos rodeia. A poluição atmosférica susceptível de alterar este meio e, como tal, condicionar a actividade humana, tem atingido nas sociedades desenvolvidas uma dimensão preocupante. Os processos de urbanização e o número crescente de veículos automóveis são responsáveis pelo aumento acentuado das emissões, enquanto a diversificação industrial leva à libertação de novos e mais perigosos poluentes.

O problema da poluição atmosférica apresenta muitas vertentes mas aquela que assume um maior impacto é, talvez, a que se relaciona com os seus efeitos sobre a saúde do Homem. Esta é uma preocupação particularmente sensível nas áreas de maior concentração populacional, como é o caso das cidades, mas os riscos associados a este tipo de poluição estão também presentes nas áreas, porventura menos urbanizadas, onde se concentra um grande número de indústrias, com a agravante, nestes casos, de haver possibilidade de ocorrência de acidentes cuja gravidade dependerá não só do grau de toxicidade das substâncias libertadas mas também da própria dinâmica atmosférica.

Com efeito, a maior ou menor concentração de "poluentes" na atmosfera resulta normalmente dos (des)equilíbrios entre as quantidades libertadas e as condições termodinâmicas existentes, o que se traduz, por si só, numa combinação muito fluida de situações possíveis. A fluidez destas relações aumenta ainda mais se associarmos a este binómio uma terceira variável: os efeitos potenciais sobre a saúde humana. Gera-se assim um sistema complexo onde a linearidade das relações de causa-efeito nem sempre é fácil de discernir, dando frequentemente

origem a discussões mais ou menos acaloradas entre os especialistas.

Este trabalho<sup>1</sup>, apesar de limitado no seu âmbito pelos recursos metodológicos e funcionais disponíveis, procura contribuir com uma achega neste esforço de compreensão dos nexos de causalidade possíveis de identificar entre os vértices do triângulo *poluição do ar, condições atmosféricas e saúde humana*. Para alcançar este objectivo, centrámos a nossa atenção em dois espaços que, pelas suas características intrínsecas, nos permitirão realçar alguns dos aspectos mais significativos deste sistema triangular: Estarreja e Coimbra.

No caso de Estarreja, o seu significado resulta fundamentalmente do facto de aí se concentrar um grande número de unidades industriais que acarretam impactes importantes em termos de degradação da qualidade do ar, tendo sido considerada nos anos 80 pela Secretaria de Estado do Ordenamento e Ambiente como uma das áreas prioritárias para a aplicação de acções de controlo e redução da poluição atmosférica. Em contrapartida, Coimbra apresenta-se como um cenário tipicamente urbano com uma área de 20 Km<sup>2</sup> e cerca de 100 000 habitantes, sendo o tráfego rodoviário a principal fonte de poluição atmosférica.

### 2. O CONCEITO DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E OS EFEITOS BIOLÓGICOS DA POLUIÇÃO DO AR NO ORGANISMO HUMANO

O termo "poluição" é normalmente associado à presença de substâncias nocivas libertadas, deliberada ou acidentalmente, para o meio em consequência da activi-

\* Instituto de Estudos Geográficos. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra.

\*\* Mestrado em Geografia. Faculdade de Letras. Universidade de Coimbra.

<sup>1</sup> O texto que aqui se apresenta tem como base os dois relatórios elaborados no âmbito do Seminário de Climatologia Regional e Local de 1º Semestre do Curso de Mestrado em Geografia Física e Estudos Ambientais, ministrado pelo Prof. Doutor Lúcio Cunha, a quem manifestamos o nosso reconhecido agradecimento, não só pela orientação dos trabalhos durante o Seminário, mas também pelas valiosas sugestões que melhoraram substancialmente esta síntese integradora.

dade humana. No caso da poluição atmosférica, a maioria dos componentes químicos geralmente classificados como poluentes existem na Natureza como elementos essenciais ao normal funcionamento dos Ecossistemas. Os efeitos nefastos surgem quando as concentrações se elevam além de determinados limiares ou se verificam combinações que dão origem à formação de novos compostos tóxicos.

Das muitas definições de poluição atmosférica que podemos encontrar na bibliografia, transcrevemos uma que nos parece abarcar o conceito de uma forma bastante ajustada aos nossos objectivos. F. F. GARCIA (1995) define poluição do ar como "a presença na atmosfera de um ou vários elementos contaminantes como poeiras, fumos, gases ou vapores em quantidades e durações tais que podem afectar a saúde dos Homens, plantas ou animais ou impedir o normal desenvolvimento das suas actividades".

Os efeitos biológicos dos contaminantes atmosféricos manifestam-se sobre todo o mundo vivo, mas no contexto em que se insere este trabalho, importa apenas analisar os seus efeitos sobre o Homem. Para o organismo humano, o primeiro ponto de impacto da poluição atmosférica é o aparelho respiratório, a pele e as mucosas expostas, provocando efeitos mais ou menos imediatos, cuja manifestação mais facilmente se pode associar com a qualidade do ar respirado.

Desde há muito que se tem consciência de que as populações que residem habitualmente em zonas poluídas têm maiores taxas de mortalidade e morbidade (cfr. J. GOULÃO, 1971), contudo, não é fácil identificar cientificamente todas as consequências da poluição atmosférica na saúde humana.

Apesar de todas as dificuldades, parece-nos importante reflectir sobre os principais factores que permitem relacionar o ambiente que envolve o indivíduo com os efeitos a que pode estar sujeito. Em primeiro lugar, os impactos gerados por uma exposição a um ambiente poluído dependem de quatro grandes aspectos:

- i - das características do poluente (natureza físico-química, concentração e apresentação);
- ii - do período de exposição (duração, intensidade, continuidade);
- iii - das características específicas do indivíduo (estado de saúde, idade, sexo, hábitos quotidianos, condições sócio-económicas, nutrição, etc.);
- iv - da conjugação dos estados meteorológicos e das características geográficas do meio.

Quanto aos efeitos, devemos ter em atenção dois aspectos fundamentais (J. GOULÃO, 1971, p. 112):

- i - a evolução no tempo (agudos<sup>2</sup>, intermédios<sup>3</sup>, crónicos<sup>4</sup>);
- ii - extensão espacial dos efeitos (locais; regionais; gerais).

### 3. TIPOS DE POLUENTES, FONTES E TEMPOS DE RESIDÊNCIA NA ATMOSFERA

Cerca de 90% das partículas em suspensão na atmosfera têm origens naturais, quer se trate de poeiras levantadas pela acção do vento ou de cinzas provenientes de erupções vulcânicas ou fogos florestais. Os aerossóis produzidos pela acção humana têm geralmente origem nos processos de queima ou são resultantes dos processos de laboração de diversos tipos de indústrias (ex.: fundição, cimenteiras, indústria cerâmica, indústria química, etc.). As partículas com tamanhos superiores ( $>10\mu$ ) tendem a depositar-se junto das fontes de origem<sup>5</sup>. As partículas com menor dimensão ( $<10\mu$ ) podem permanecer em suspensão vários dias e são facilmente inaladas no processo de respiração alojando-se no interior do organismo humano.

Também o dióxido de carbono libertado em grandes quantidades nos processos de combustão e, particularmente, o enxofre, pelos efeitos mais imediatos e incontestavelmente mais catastróficos que provocam as "chuvas ácidas", exercem um substancial efeito poluidor, com impacte mais directo nas áreas densamente antropizadas.

As formas mais comuns de compostos de enxofre na atmosfera são o dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), um gás tóxico com odor sufocante, produzido em grandes quantidades pela combustão da hulha e derivados de petróleo, e o sulfureto de hidrogénio ( $H_2S$ ), que é um gás extremamente tóxico com cheiro desagradável a ovos podres e que é abundantemente produzido aquando de manifestações de actividade vulcânica.

As reacções dos compostos de enxofre com a água originam novos compostos ácidos com fortes capacidades

<sup>2</sup> Efeitos que se manifestam num período de algumas horas a alguns dias após a exposição e obrigam frequentemente a uma deslocação de urgência a uma instituição de saúde.

<sup>3</sup> Efeitos que se manifestam num período de algumas semanas ou meses após a exposição (LAWTHER; MARTIN; WILKINS *cit.* em J. GOULÃO, 1971).

<sup>4</sup> Efeitos que se manifestam ao longo de toda a vida, ainda que com intensidades variáveis em cada momento.

<sup>5</sup> Este facto é facilmente exemplificado pelo escurecimento característico das superfícies dos edifícios voltadas para ruas muito movimentadas ou pelo recobrimento dos telhados das casas com uma película de pó acinzentado nas imediações das cimenteiras.

corrosivas, como o ácido sulfuroso ( $H_2SO_3$ ) ou o ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). A precipitação das gotas de água suspensas na atmosfera arrasta estes elementos para a superfície terrestre provocando a destruição da flora e a contaminação dos solos e das águas. Mesmo sem precipitarem, estes poluentes podem estar presentes no ar respirado directamente pelos seres vivos, principalmente nas grandes metrópoles, sempre que se verificam condições para a formação de nevoeiros persistentes (*Smog*). O caso de Londres é talvez o mais conhecido pela frequência com que este fenómeno ocorre<sup>6</sup>. Um outro tipo de *smog* formado sobre grandes cidades é o que tem origem numa cadeia complexa de reacções químicas em que o elemento catalisador é a luz solar<sup>7</sup> (cfr. R. BARRY; J. CHORLEY, 1985), mas as consequências para a saúde podem ser igualmente nefastas.

No Quadro I apresentamos um resumo dos principais tipos de poluentes atmosféricos, produzidos naturalmente ou por acção antrópica, que têm um interesse particular em consequência do seu efeito directo sobre a saúde e a qualidade de vida do Homem. Para nos situarmos relativamente à quantidade de elementos poluentes atmosféricos admissíveis pela Legislação Nacional<sup>8</sup> apresentamos também os valores-guia e valores-limite para cada um dos componentes que iremos tratar (Quadro II).

Como já referimos, os efeitos visíveis dos poluentes dependem da sua concentração. Esta, por sua vez, é controlada pelas condições atmosféricas locais e pelos tipos de tempo que exercem uma acção directa nos mecanismos de turbulência responsáveis pela mistura do ar. Foi nesta perspectiva que procurámos orientar o nosso trabalho, analisando os casos concretos de Estarreja e Coimbra.

<sup>6</sup> A palavra "SMOG" deriva da fusão das palavras inglesas "Smok" e "Fog" e ficou tristemente celebrizada em 1952 quando, em Londres, uma densa nuvem de poluentes se manteve sobre a cidade durante 4 a 5 dias, originando a morte a cerca de 4000 pessoas (J. J. HIDORE; J. E. OLIVER, 1993).

<sup>7</sup> Este tipo de *smog* é característico de grandes cidades das médias latitudes sujeitas a fortes insolações. Os exemplos mais citados na bibliografia são os casos de Los Angeles e Atenas.

<sup>8</sup> Portaria 286/93. Esta portaria inserida no âmbito da chamada "Lei do ar" (DN n.º 352/90) tem como antecessoras várias directiva comunitárias das quais destacamos a Directiva 85/203/CEE, relativa aos valores limite e valores guia para o  $NO_2$ , a Directiva 80/779/CEE, relativa aos valores limite e valores guia da qualidade do ar e a Directiva 89/427/CEE, relativa aos valores limite e valores guia para o  $SO_2$  e partículas. Para uma síntese mais geral sobre a legislação comunitária e nacional sobre esta questão, consultar J. F. P. GOMES (1993).

Quadro I - Tipos e fontes de poluentes atmosféricos

Poluente	Fonte		Tempo de Permanência na atmosfera
	Natural	Antrópica	
Partículas	* vulcões * acção do vento * meteoros (meteoritos e hidrometeoros) * oceano * fogos florestais	* combustão * processos industriais	algumas horas a algumas semanas
Compostos de enxofre	* bactérias * vulcões * oceano	* combustão de energias fósseis * processos industriais	5 dias
Monóxido de carbono	* vulcões * oceano	* combustões incompletas nos motores de explosão interna * combustão de energias fósseis	2 meses
Dióxido de carbono	* vulcões * animais * plantas	* combustão de energias fósseis	50 a 200 anos
Hidrocarbonetos	* bactérias * plantas	* combustões incompletas nos motores de explosão interna	algumas horas a vários anos
Compostos de azoto	* bactérias	* combustão	100 a 200 anos

(Adaptado de T. R. OKE, 1990)

Quadro II - Valores-guia e valores-limites da concentração média de poluente e do P98 referidos na Legislação Nacional sobre esta matéria.

Poluente	Intervalo de tempo	Valores-guia $\mu g/m^3$	valores-limite $\mu g/m^3$
$SO_2$	Média diária P98	100-150 —	— 250
$O_3$	Média diária P98	65 —	— —
$NO_2$	Média diária P98	150(*) 135	— 200

(\*) Valor recomendado pela OMS.

(Extraído de F. BOAVIDA *et al*, 1995)

#### 4. AS ÁREAS EM ESTUDO

Distanciadas 60 Km entre si, tanto Estarreja como Coimbra estão localizadas na Orla Mesocenozóica Ocidental, ainda que enquadradas por molduras geomorfoló-

gicas diferentes. A primeira, a 12 Km da linha de costa, está implantada numa área relativamente aplanada, sofrendo influência directa dos ventos litorais. Localizada na faixa de maior desenvolvimento económico e servida por importantes eixos de comunicação ferro e rodoviária, esta área possui uma ocupação humana relativamente densa, com potencial para um crescimento ainda maior, o que torna o problema dos elevados índices de poluição do ar numa questão de saúde pública.

Coimbra, numa posição mais interior, encontra-se enquadrada a ocidente por uma extensa planície aluvial bordejada por colinas arredondadas de baixa altitude e pequenos planaltos que não são suficientes para impedir que as influências mareiras possam atingir a cidade. A oriente, posiciona-se o Maciço Marginal, constituindo uma barreira à progressão dos ventos dominantes. Ainda que as altitudes possam ser consideradas modestas, o que é facto é que se passa de valores inferiores a 25 m no plano aluvial em frente à cidade para 535 m na Serra da Avelreira, apenas a 5 Km em linha recta para o interior.

#### 4.1. Condições atmosféricas e concentração de poluentes: o exemplo de Estarreja

A compreensão das relações existentes entre estados de tempo e concentração de poluentes parece-nos uma matéria de grande importância, particularmente numa área como Estarreja, fortemente industrializada e onde se implantam várias unidades químicas importantes, capazes de libertar substâncias potencialmente perigosas para a saúde humana e o equilíbrio do ambiente regional.

Mesmo utilizando apenas o senso comum, não é difícil compreender a importância que os estados da atmosfera, no seu permanente dinamismo, exercem sobre os níveis de concentração de elementos poluentes. Uma forte estabilidade do ar dificulta a dispersão dos poluentes emitidos, aumentando assim os riscos para os organismos vivos que necessitam de respirar este ar contaminado. A ocorrência de precipitação, permitindo a dissolução das partículas em suspensão, proporciona a limpeza da atmosfera, embora, por outro lado, a sua deposição sobre o solo e as águas acarreta efeitos negativos.

Por forma a atingirmos os resultados a que nos propuemos foi necessário compilar um acervo de dados que permitisse caracterizar a área, quer sob o ponto de vista das condições meteorológicas, quer da qualidade do ar.

Assim, no que se refere aos dados meteorológicos, recolhemos e analisámos as temperaturas diárias (máxima e mínima), a precipitação diária e a direcção predominante dos ventos, assim como as situações sinópticas que se fizeram sentir sobre o território continental nos períodos considerados.

Os dados relativos à qualidade do ar foram recolhidos nos dois postos da Rede Nacional do Ministério do Ambiente da área de Estarreja: o da Teixugueira, situado na zona industrial onde se encontram várias indústrias químicas e o de Avanca, situado nas instalações da Nestlé. Utilizaram-se os valores médios diários da concentração dos poluentes ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  e  $\text{O}_3$ ), para os anos de 1995 e 1996, já que o posto de Avanca apenas iniciou as medições nos finais de 1994.

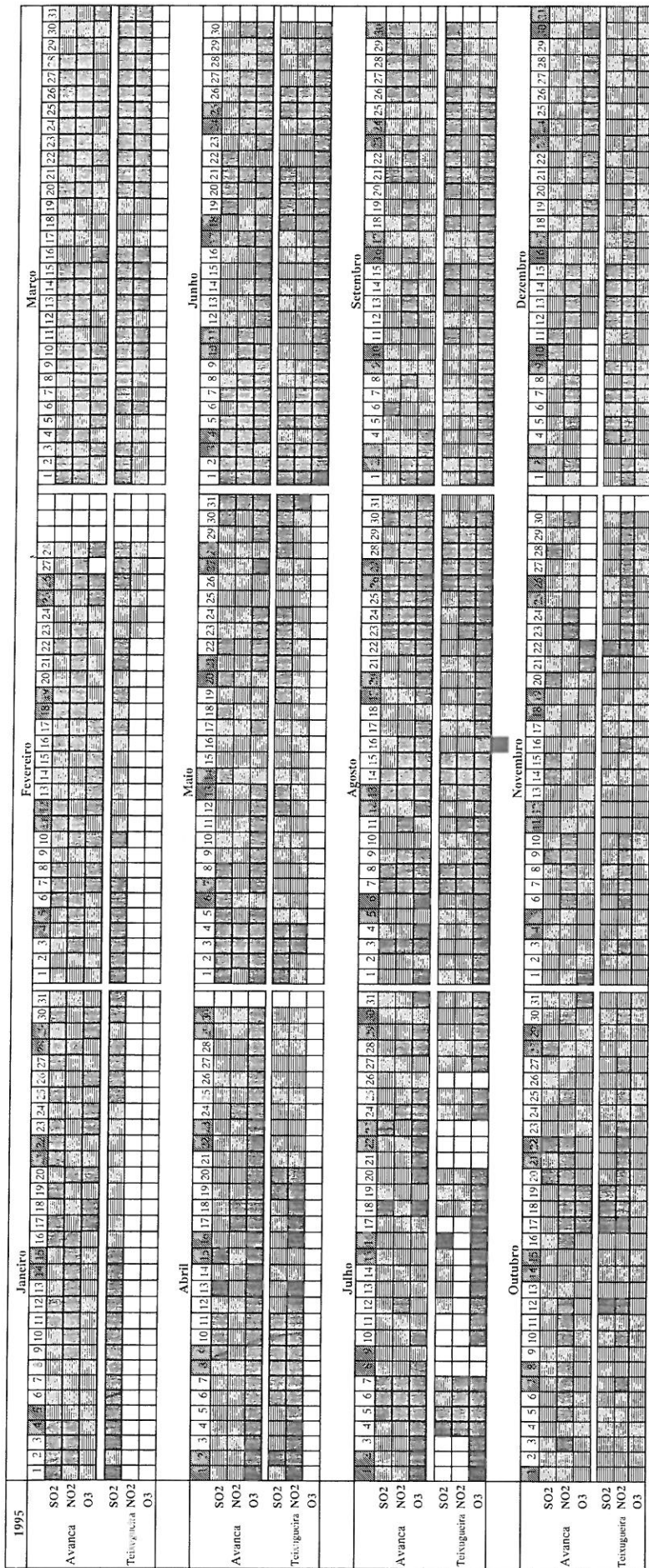
Através destes dados de base, procurámos verificar a existência de potenciais relações entre os valores de concentração de poluentes e as condições meteorológicas predominantes de cada época do ano<sup>9</sup>. As conclusões obtidas, embora com algumas limitações, confirmam a ocorrência de maiores concentrações de ozono durante a Primavera e o Verão, associadas às situações anticiclónicas com maior insolação, que favorecem a produção fotoquímica de  $\text{O}_3$ .

Para um maior aprofundamento da análise, procedeu-se ao cálculo de um valor médio anual para cada poluente, que veio a servir de base à elaboração de uma matriz onde são representados os dias "limpos" (média diária < média anual) e os dias "poluídos" (média diária > média anual) em cada um dos anos em análise (figs. 1 e 2). Desta forma foi possível seleccionar períodos que englobassem predominantemente manchas de dias "poluídos" e de dias "limpos", os quais foram sujeitos a um estudo mais exaustivo, no sentido de estabelecer correlações entre os valores de poluição e as condições meteorológicas.

Na fase de trabalho exploratório foram seleccionados 4 períodos durante os dois anos tratados que se evidenciaram por apresentarem sucessões de vários dias com concentrações acima da média para pelo menos 2 dos poluentes monitorizados, a que se seguiram vários dias considerados "limpos". Procurou-se depois confrontar cada uma destas situações com a evolução do comportamento dos elementos climáticos utilizados, enquadrados numa perspectiva mais geral, através do estudo das situações sinópticas diárias.

Na impossibilidade de analisarmos aqui todos estes períodos, optámos por apresentar o mais significativo, entre 12 de Junho e 12 de Julho de 1996, que nos permite evidenciar mais claramente as relações que se podem estabelecer entre as variáveis em análise. Trata-se, em grandes linhas, de uma situação relativamente contrastada, iniciando com um conjunto de 3 dias "poluídos" por todos

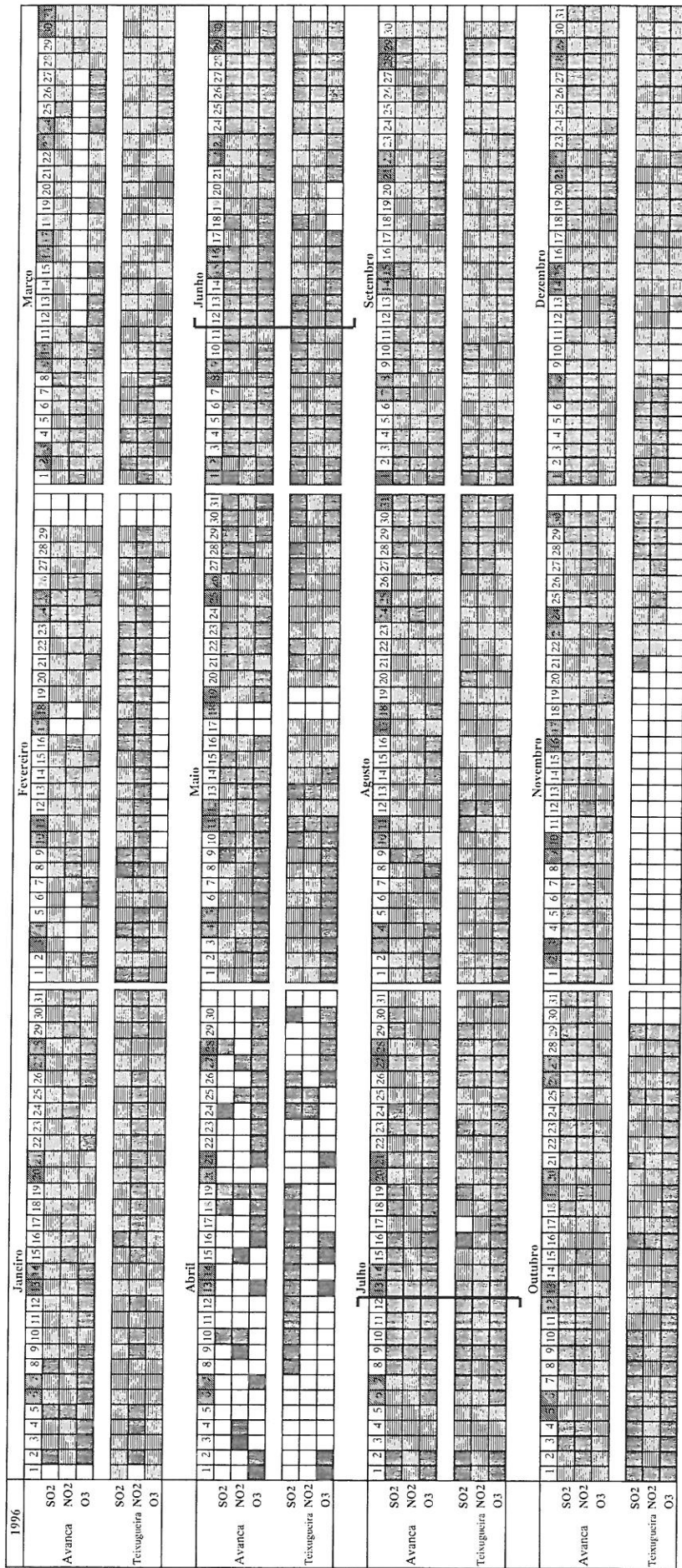
<sup>9</sup> Tendo em conta que se trata de um trabalho de índole académica com objectivos essencialmente pedagógicos, considerámos razoável a utilização do valor médio da série detida como limiar delimitador daquilo que considerámos como dias "poluídos" e dias "limpos".



LEGENDA:

- Acima da média anual
- Abaixo da média anual
- Sem dados
- ▨ Fim-de-semana

Fig.1 - Matriz de tipificação dos registos diários de poluentes - 1995



**LEGENDA:**

- ☐ Acima da média anual
- ▒ Abaixo da média anual
- ⬛ Sem dados
- ▧ Fim-de-semana

Fig.2- Matriz de tipificação dos registos diários de poluentes - 1996

os elementos em estudo na área de Avanca, seguido por um intervalo mais extenso de dias em que se verificam concentrações acima da média em apenas um dos poluentes e a que sucede um novo período de grande concentração de substâncias prejudiciais. Nos primeiros dias do mês de Julho há uma nova fase de limpeza, terminando o intervalo em questão, com uma acumulação gradativa de poluentes atmosféricos, evidenciada a partir de dia 5.

Através das figuras 3 e 4 é possível comparar o comportamento dos valores médios diários de poluentes e a evolução das temperaturas máximas e mínimas diárias neste período.

Da análise dos dois gráficos podemos observar que a variação das concentrações parece obedecer, de um modo geral, a um ritmo comum para todos os poluentes, pois os

máximos e os mínimos apresentam um certo sincronismo embora, no posto da Teixugueira, o  $\text{SO}_2$  apresente um ritmo mais irregular, provavelmente relacionado com diferenças de quantitativos deste gás, libertado através de descargas efectuadas pelas unidades industriais presentes, em cada um dos dias.

Complementando a informação contida nos gráficos com a análise das cartas sinópticas para este período verificámos que houve um predomínio das situações anticiclónicas (22 dias) como seria de esperar, dada a época do ano. Nestas e, de acordo com os critérios definidos por C. RAMOS (1986) para a sua "classificação das situações sinópticas em superfície", o território continental encontrou-se sob a influência dos anticiclones tipo Aa (Atlântico misto) durante 11 dias e tipo Ao

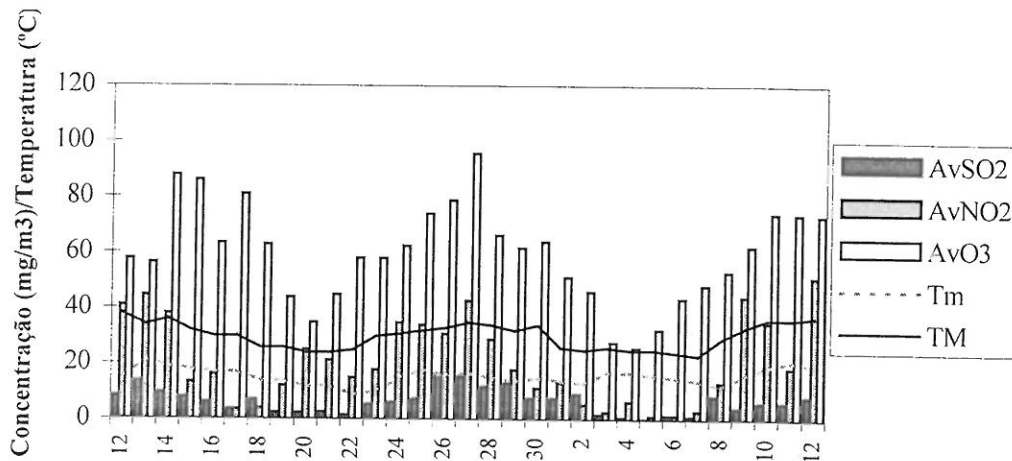


Fig. 3 – Comparação entre a variação da concentração dos poluentes e a temperatura em Teixugueira (período de 12 de Junho a 12 de Julho de 1996 –  $\text{mg}/\text{m}^3$  e  $^{\circ}\text{C}$ )

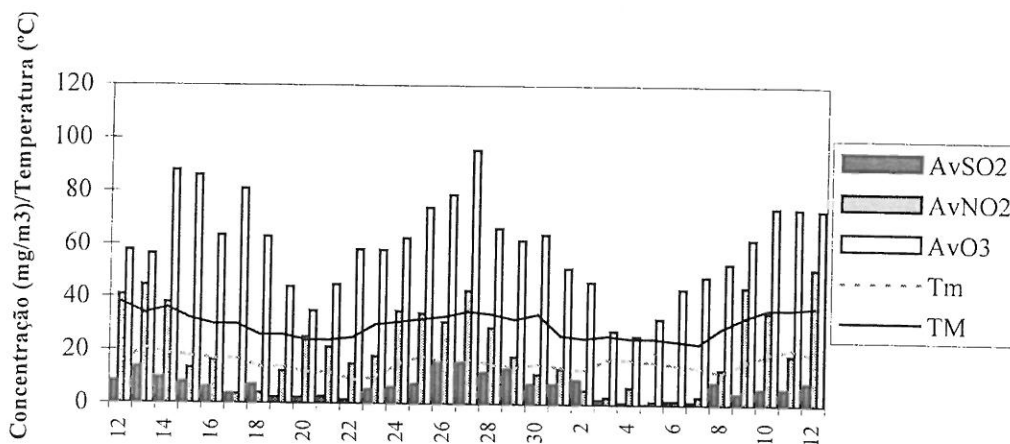


Fig. 4 – Comparação entre a variação da concentração dos poluentes e a temperatura em Avanca (período de 12 de Junho a 12 de Julho de 1996 –  $\text{mg}/\text{m}^3$  e  $^{\circ}\text{C}$ )



(Atlântico misto prolongando-se pela Europa Ocidental) durante 7 dias<sup>10</sup>.

No primeiro caso, o anticiclone dinâmico e heterogéneo, situado na região dos Açores ou a Norte deste arquipélago, provoca fluxos de NW, N ou W sobre o território continental. No segundo, o Anticiclone atlântico misto, ao prolongar-se pela Europa Ocidental animado pela circulação geral E-W, origina fluxos de NE ou E sobre o território nacional e o ar marítimo sofre uma influência continental.

Menos frequente foi o Anticiclone do tipo As (Atlântico subtropical) que influenciou apenas 4 dias do mês de Julho. Este anticiclone dinâmico e homogéneo, pertence à faixa de altas pressões subtropicais, subindo até latitudes mais elevadas na estação quente e origina fluxos de W e, menos frequentemente, de NW, N e NE.

As situações depressionárias ocorreram com menor frequência (9 dias) e foram essencialmente de dois tipos: PW (Perturbações de W) e Pwa (perturbações de W com trajectória afastada), em que o território continental é atingido pelas "caudas" das frentes ou apenas pela frente fria.

Até ao dia 14 de Junho, sob influência dos anticiclones do tipo Aa e Ao, as concentrações de poluentes foram altas. A partir do dia 15 dá-se uma diminuição nestes valores, mantendo-se baixos até ao dia 21 do mesmo mês. A este período corresponde um tipo de tempo perturbado (com excepção do dia 19, em que o continente foi influenciado por um anticiclone do tipo Aa), com passagem de várias frentes e ocorrência de precipitação que parece ter contribuído de forma importante para uma limpeza da atmosfera, manifestada pela redução acentuada do nível das concentrações de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>.

A partir do dia 21, perante situações anticiclónicas do tipo Aa, que se evidenciam sobretudo ao nível do aumento das amplitudes térmicas, as concentrações dos vários poluentes sofrem um acréscimo significativo.

Entre o dia 3 e 6 de Julho registaram-se as concentrações mais baixas no que respeita a todos os poluentes monitorizados, associadas à ocorrência de um tipo de tempo perturbado (Pwa), com diminuição das temperaturas máximas e das amplitudes térmicas e queda de precipitação o que, em conjunto, permitiu a limpeza da atmosfera.

<sup>10</sup> Na definição dos diversos tipos de tipos de tempo seguimos as classificações de C. RAMOS (1986) e também de N. GANHO (1991): De notar que os fluxos mencionados referem-se à análise das isóbaras representadas nas cartas de superfície e não aos ventos observados nas estações climatológicas. Em situações anticiclónicas, muitas vezes, os ventos registados são brisas litoriais ou a sua direcção foi modificada por influências orográficas.

No dia 7, regressam as situações anticiclónicas de tipo Aa, Ao e As (este, nos últimos 3 dias de período em questão) a que corresponde um novo aumento das concentrações dos poluentes.

Assim, em condições normais de emissão, a ocorrência de situações anticiclónicas parece favorecer a concentração dos poluentes nas áreas envolventes às fontes emissoras, embora também tenha sido possível observar períodos em que esta relação não é tão evidente. Estes casos e, não havendo, à primeira vista, qualquer justificação do ponto de vista da dinâmica da atmosfera, levam-nos a supor que a libertação de efluentes gasosos possa ser controlada pelos sistemas emissores, introduzindo-se assim um factor de ruído que inibe o estabelecimento de uma correlação clara entre as condições atmosféricas e os níveis de concentração de poluentes no ar.

#### 4.2. Poluição atmosférica e saúde humana: o exemplo de Coimbra

Uma das dificuldades mais evidentes de qualquer trabalho de Climatologia Aplicada é a recolha dos dados necessários, quer do ponto de vista da qualidade (rigor e representatividade para a área em estudo), quer da quantidade (intervalo de tempo suficientemente abrangente), o que se reflecte necessariamente na validade das conclusões a que se chega.

Na impossibilidade de procedermos a uma recolha directa de dados, conduzida segundo critérios inteiramente ajustados aos objectivos deste trabalho, tivemos de limitar a nossa informação de base às fontes disponíveis.

No que respeita à análise da qualidade do ar em Coimbra, os únicos dados existentes são recolhidos pela estação da rede nacional do Ministério do Ambiente instalada na sua delegação regional (Direcção Regional do Ambiente e Recursos Naturais do Centro), situada na rua Padre Estevão Cabral. Infelizmente, só nos foi possível ter acesso aos registos dos valores médios e percentis 98 de SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> e NO<sub>2</sub> para os anos de 1995 e 1996, o que limitou todo o período temporal de análise. Para além desta contingência a nível da quantidade de dados disponíveis, devemos ainda ter em atenção que os registos dizem respeito a um único ponto fixo de medição, pelo que a sua extrapolação para toda a área urbana implicará necessariamente uma grande margem de erro.

Para estudarmos os eventuais efeitos da poluição atmosférica sobre a população urbana recorreremos, de acordo com uma estratégia largamente citada na bibliografia, à análise do número de entradas de urgência no Hospital Pediátrico de Coimbra (HPC) de crianças (< de

10 anos de idade) com patologias do foro respiratório<sup>11</sup>, nomeadamente, asma e bronquiolite aguda<sup>12</sup>, patologias largamente relacionadas com a ambiência que rodeia o paciente (J. GOULÃO, 1971; M. MEADE, 1988; M. BOKO, 1992; A. MONTEIRO, 1993 e 1997)<sup>13</sup>.

No conjunto das sete freguesias consideradas “urbanas” (Almedina, Eiras, Sta Clara, Sta Cruz, Sto António dos Olivais, S. Bartolomeu e Sé Nova), residiam em 1991, 74 267 indivíduos, dos quais 3 707 tinham menos de 10 anos (5,0%). Ao longo dos dois anos em estudo, foram registados na Urgência do HPC 3 462 casos diagnosticados como crises asmáticas ou bronquiolíticas agudas.

É evidente que neste conjunto global de entradas há situações diferenciadas de crianças que apenas foram sujeitas a um tratamento simples com máscara de oxigénio durante algumas horas até aquelas que acabaram por ficar internadas vários dias. Não nos vamos preocupar com esta diferenciação, apenas daremos atenção ao número total de entradas registadas, o que só por si já constitui um indicador elucidativo do impacte que as condições do meio atmosférico poderão ter, não só sobre a qualidade de vida da criança afectada, mas também no transtorno que essa situação provoca no núcleo familiar.

Devido à dispersão da amostra (apenas em 6% dos dias não se registou qualquer entrada no HPC com diagnóstico de asma e bronquiolite aguda, em crianças residentes nas sete freguesias consideradas), tentámos encontrar períodos mais restritos, que podemos considerar como “críticos” para, dessa forma, ser mais fácil comparar esta evolução com a concentração de poluentes. A definição destes períodos foi feita através do cálculo do valor médio da série (=4,7 entradas), definindo-se como “dias críticos” todos aqueles em o número de entradas excedia esta média. Dentro dos “dias críticos”, destacámos ainda aqueles em que se registaram, respectivamente mais de 10

(2x a média) e mais de 15 registos (3x a média) de urgências de crianças sofrendo de crise alergológica. O Quadro III dá-nos um resumo da distribuição dos efectivos da série em função destes critérios de classificação.

Quadro III- Distribuição do número de dias e dos registos de entradas em função dos critérios adoptados.

Efectivo Diário	Dias		Entradas	
	Nº dias	%	Nº entradas	%
= 0	46	6	—	—
< 5	386	53	920	27
≥ 5	345	47	2542	73
≥ 10	61	8	720	21
≥ 15	6	1	120	3

Fonte: Dados do HPC

Para além dos “dias críticos” considerámos ainda os “períodos críticos” que correspondem às sequências de cinco ou mais dias em que o número de entradas no HPC igualou ou excedeu a média da distribuição. Ficámos assim com um conjunto de 18 “períodos críticos” distribuídos ao longo dos dois anos (Fig. 5) e sobre os quais centraremos a nossa atenção, na tentativa de vislumbrar uma possível relação com os valores de poluição atmosférica.

No que diz respeito à concentração de poluentes e, tendo em conta os valores guia (Quadro II), podemos considerar que a cidade de Coimbra apresenta, “boa qualidade do ar”, pois os registos médios diários da concentração dos três poluentes monitorizados neste período de amostragem nunca ultrapassou esses limiares<sup>14</sup>. Os valores de concentração de O<sub>3</sub> são aqueles que mais se aproximam dos valores-guia, sobretudo, entre Set./95 e Mar./96<sup>15</sup> mas não é possível estabelecer

<sup>11</sup> A escolha da população infantil como indicador indirecto dos efeitos nocivos da poluição do ar deve-se ao facto de esta faixa etária estar menos sujeita à interferência de factores externos (ambiente de trabalho, “stress”, hábito de fumar, etc) passíveis de introduzir um maior ruído nas potenciais correlações entre as duas variáveis (cfr. A. MONTEIRO, 1997). Para além disso, a representatividade da amostra do número de entradas nas urgências será maior já que, por precaução, geralmente os pais levam os seus filhos ao hospital sempre que se manifeste uma crise alergológica, em vez de enveredarem pela automedicação nas crises de menor gravidade, como certamente será mais frequente nos adultos.

<sup>12</sup> Um trabalho interessante sobre estas questões tem sido desenvolvido por Ana Monteiro para a área da cidade do Porto (cfr. A. MONTEIRO, 1993, 1995, 1997).

<sup>13</sup> Esta informação foi-nos fornecida pela Dra Beatriz Brinca do Serviço de Estatísticas do HPC, a quem desejamos expressar o nosso mais sincero agradecimento.

<sup>14</sup> A única excepção na série em análise ocorreu no dia 18/10/96, para as concentrações de NO<sub>2</sub> que, depois de quinze dias em que não existem registos, surge um valor de 157µg/m<sup>3</sup> que poderá ser interpretado como um erro de observação no registo, já que nos dias seguintes os valores voltam a níveis da ordem das 40/50 µg/m<sup>3</sup>. Uma outra situação idêntica parece ter ocorrido no dia 3/9/96. Para além destes dois picos que se destacam de imediato na observação da série dos valores médios diários de NO<sub>2</sub>, há ainda a referir vários dias em que o valor do percentil 98 ultrapassa os valores-guia indicados no Quadro II. Por exemplo, no dia 25/11/96 a concentração de P98 atingiu o valor mais elevado dos dois anos (430,5 µg/m<sup>3</sup>).

<sup>15</sup> Já no biénio de 93/94, o “Relatório sobre a qualidade do ar em Portugal” (F. BOAVIDA *et al*, 1995:10), indicava que na estação de Coimbra tinham sido registados valores máximos horários de O<sub>3</sub> superiores a 180µg/m<sup>3</sup> (que constitui o limiar de informação ao público) e concentrações médias em 8 horas superiores ao valor guia (110µg/m<sup>3</sup>).

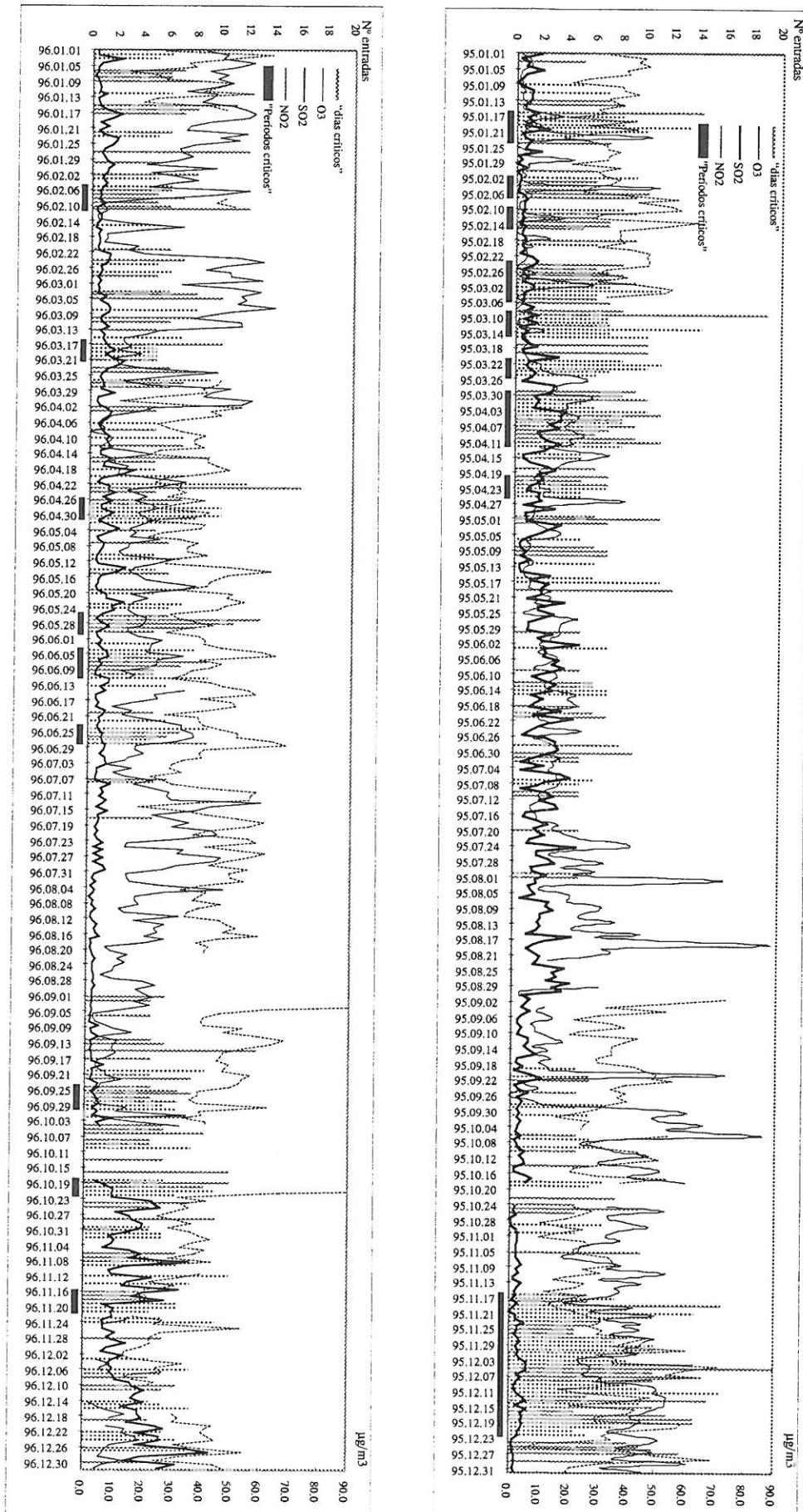


Fig. 5 – Relação entre concentração de poluentes e ocorrência de “dias críticos”

qualquer padrão evolutivo, em grande medida, devido às lacunas na série.

As concentrações de  $\text{SO}_2$ , apresentam-se muito reduzidas, o que é perfeitamente normal, já que Coimbra é uma cidade que cresceu essencialmente com base no sector dos serviços e, particularmente, com forte relação à sua Universidade secular, portanto, as fontes mais importantes de  $\text{SO}_2$  são essencialmente os escapes dos veículos em circulação, pelo que seria talvez mais interessante analisar a evolução das concentrações deste poluente com base nos valores horários tentando perceber se existirá alguma relação com as horas de maior fluxo automóvel.

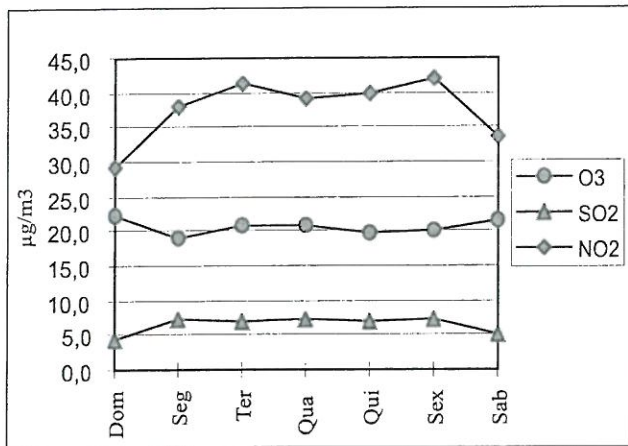


Fig. 6 - Valor médio da concentração de poluentes ao longo da semana.

Como não dispomos destes registos, para construir uma imagem da evolução da concentração de poluentes em relação à actividade do metabolismo urbano, optámos por analisar as concentrações médias de todos os contaminantes em função do dia da semana (Fig. 6). Como podemos verificar, no período de fim-de-semana (Sáb. e Dom.) os valores da concentração de  $\text{NO}_2$  e  $\text{SO}_2$  sofrem uma quebra relativamente aos restantes dias. As concentrações de  $\text{O}_3$ , pelo contrário, não parecem ser muito afectadas pelo ritmo semanal da vida urbana, denotando até uma ligeira subida na Sábado e no Domingo, provavelmente, relacionada com um aumento do coeficiente de transparência da atmosfera decorrente da diminuição de concentração das partículas sólidas em suspensão, devido à redução do metabolismo urbano.

Ainda que a análise comparativa entre a concentração de poluentes e a ocorrência de dias e períodos “críticos” (fig. 5) não demonstre com nitidez categórica a influência da poluição do ar no aumento do número de crises alergológicas, podemos aperceber-nos que, com excepção da época de Verão, existem alguns paralelismos entre a

ocorrência de “períodos críticos” e um maior número de dias com concentrações de poluentes superiores à média da série respectiva, não sendo possível contudo, identificar o poluente que contribui de forma mais marcada.

As conclusões que podemos retirar da análise desta figura parecem-nos assim insuficientes para suportar completamente a ideia de que, em Coimbra, existe uma relação directa entre a poluição do ar e os seus efeitos a nível da saúde dos cidadãos. Contudo, os indícios detectados trazem-nos à mente as afirmações referidas acima acerca da representatividade dos dados e também da metodologia seguida, levando-nos a apontar, em termos de conclusões, 3 cenários fundamentais:

i- os dados de base não são suficientemente representativos da realidade, pelo que seria necessário recorrer a uma informação de base mais pormenorizada, nomeadamente com a utilização de uma rede local mais densa e uma maior desagregação temporal das informações.

ii- a abordagem feita através do contraponto dos valores diários das séries de poluentes e urgências no HPC não é a metodologia mais adequada, devendo procurar-se outra estrutura metodológica mais ajustada (por exemplo, correlacionando, numa perspectiva sistémica, indicadores representativos do dinamismo urbano, do quadro meteorológico e do número de urgências no HPC por área de residência).

iii- não existe actualmente em Coimbra poluição suficiente para justificar situações de crises alergológicas.

Se esta terceira hipótese for a correcta, então será de esperar que o ritmo de entradas de crianças no HPC esteja, sobretudo, dependente do comportamento dos vários elementos climáticos e, portanto, apresentará uma ciclicidade grosseiramente sazonal. Mas, independentemente destes “ciclos naturais”, será que existirão também outros ritmos que não dependem tão directamente da evolução do comportamento dos elementos climáticos ao longo do ano?

Para tentar responder a esta curiosidade, ensaiámos por tentativa e erro várias periodicidades e chegámos a uma conclusão que nos despertou os sentidos.

Utilizando os valores totais da série referente às patologias alergológicas (3 462 casos de asma e bronquiolite aguda registados nos HPC em 1995 e 1996), distribuímos os efectivos pelos dias da semana, obtendo os valores apresentados na Fig. 7. Como podemos constatar, existe um padrão evolutivo no número de entradas registado, com dois máximos, à Terça e à Sexta-Feira; e um mínimo ao Sábado. Se compararmos esta figura com a Fig. 6, verificamos que os padrões de concentração média de poluentes sobre a cidade de Coimbra se apresentam bastante semelhantes ao longo da semana, particularmente

no que se refere aos valores de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>. Será esta semelhança pura coincidência?

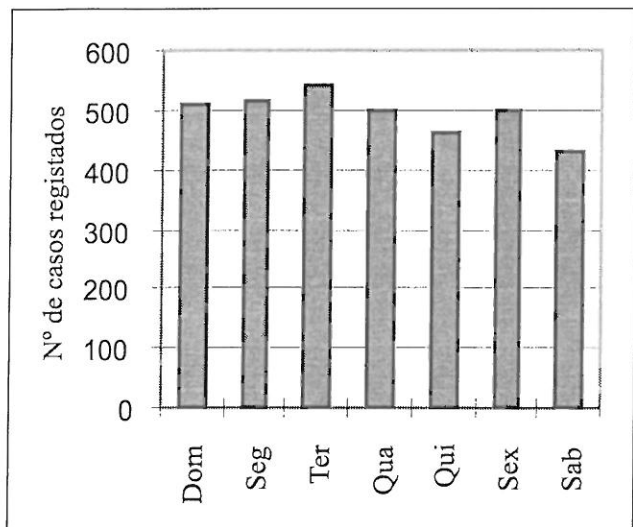


Fig. 7 - Distribuição do número de urgências de patologias respiratórias ao longo da semana.

## 5. CONCLUSÃO

Como já referimos, os efeitos visíveis dos poluentes dependem da sua concentração. Esta, por sua vez, é controlada pelas condições atmosféricas locais e pelos tipos de tempo que exercem uma acção directa nos mecanismos de turbulência responsáveis pela mistura do ar. Embora, por vezes nem sempre de forma evidente, foi possível estabelecer uma certa correspondência entre os valores de concentração de poluentes e as condições atmosféricas, na área de Estarreja.

No entanto, ao estudarmos uma área predominantemente industrial, não devemos esquecer o "Homem". Assim, as condições atmosféricas surgem-nos como um factor favorecedor ou inibidor da dispersão da variável que o homem introduziu: o poluente atmosférico. Contudo, o mesmo homem introduz também factores de "ruído", através do controlo do ritmo de libertação de efluentes gasosos, que dificultam o estabelecimento de relações directas de causa-efeito.

Em relação à área de Coimbra, com múltiplas limitações decorrentes das contingências impostas pelos dados disponíveis, não foi possível evidenciar claramente uma correspondência entre os padrões diários de concentração de poluentes e a série referente às urgências registadas no Hospital Pediátrico.

Há, no entanto, que ter em conta que o desencadear de situações de crise alergológica não é controlado apenas

por um único factor (poluição atmosférica), mas sim pela conjugação de múltiplos factores, muitos dos quais escapam completamente ao âmbito da análise presente. Talvez por isso, quando analisámos a evolução do número de urgências por dias da semana, tenhamos chegado a um padrão de distribuição que apresenta uma correspondência quase perfeita com o ritmo de concentração de SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub> no interior de Coimbra. Este facto parece, de alguma forma, reflectir os efeitos do metabolismo da cidade no funcionamento do aparelho respiratório humano.

## Bibliografia:

- BARRY, R. B. e CHORLEY, J. (1985) - *Atmosfera, tempo y clima*, Omega, Barcelona.
- BOAVIDA, F et al. (1995) - *Relatório sobre a qualidade do ar (1993-1994)*, Instituto de Meteorologia, Departamento de Clima e Ambiente Atmosférico, Lisboa.
- BOKO, M. (1991) - "La pollution urbaine à Cotonou (République du Bénin, Afrique Occidentale" in *Climat urbain et qualité d3e l'aire*, Actas do colóquio de Fribourg, Vol. 4. pp. 55-69. Fribourg.
- GANHO, N. (1991) - "Contribuição para o conhecimento dos tipos de tempo de Verão em Portugal - o exemplo de Coimbra" in *Cadernos de Geografia*, Nº 10, pp. 431-489. Coimbra.
- GARCIA, F. F. (1995) - *Manual de Climatologia aplicada. Clima, médio ambiente y planificación*, Editorial Sintesis. Madrid.
- GOMES, João Fernando P. (1993) - *Qualidade do ar*, Edições Técnicas do Instituto de Soldadura e Qualidade, Lisboa.
- GOULÃO, J. (1971) - *Aspectos bioquímicos e inunitários da poluição atmosférica. Estudo sobre um modelo experimental*. Coimbra.
- HIDORE, J. J. e OLIVER, J. E. (1993) - *Climatology. An atmospheric science*. Macmillan Company, New York.
- MEADE, M.; FLORIN J. e GESLER, W. (1988) - *Medical Geography*, The Guilford Press, New York.
- MONTEIRO, A. (1997) - "Clima-qualidade do ar saúde: um nexos de causalidade (in)desejável para o Homem?" Comunicação apresentada nas *II Jornadas de Geografia Física*, 20 e 21 de Novembro, Maia.
- MONTEIRO, A. (1995) - "Perceptibilidade, risco e vulncabilidade em Climatologia" in *Actas do II Congresso da Geografia Portuguesa*, APG, vol. I, pp.211-227. Lisboa.
- MONTEIRO, A. (1993) - "Perceptibilidade, risco e vulncabilidade em Climatologia" *O clima urbano do Porto. Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território*, Porto.
- RAMOS, Catarina (1986).- *Tipos de anticiclones e ritmo climático de Portugal - Estudo de climatologia*. Linha de acção de Geografia Física, Rel. 25. CEG/INIC, Lisboa.