

Contribuição para o estudo da degradação da qualidade do ar na Cidade do Porto

Ana Monteiro

1. INTRODUÇÃO

A cidade é, do ponto de vista ecológico, «...um gigantesco animal imóvel, consumidor de vastas quantidades de oxigénio, água e matéria orgânica, e excretar de dióxido de carbono, vapor de água e desperdícios orgânicos em nada semelhante a outros organismos vivos...», (BOYDEN, 1981, p. 18). É um ecossistema relativamente recente à face da Terra que concentra, armazena, transforma e difunde energia e matéria, e, como qualquer sistema aberto, não sobrevive isoladamente.

O extraordinário incremento populacional nos últimos anos (Fig. 1), coincidiu com um enorme aumento do número e do espaço ocupado pelos centros urbanos¹.

As elevadas concentrações populacionais em núcleos urbanos, atraídas inicialmente por uma melhoria na qualidade de vida², obrigaram a uma progressiva maximização da utilização do espaço urbano

¹ CLARK, 1986, p. 26 «...acualmente metade da população do globo ocupa 10 % do espaço terrestre disponível e 3/4 existem em 20 % do espaço possível...» (trad. nossa).

DETWYLER, 1975, p. 136 «...20% da população do mundo vive em núcleos urbanos de mais de 100 000 pessoas (...) e no fim deste século mais de 60% da população viverá em núcleos urbanos...».

² Boyden afirma que «...a qualidade de vida dos habitantes de uma cidade depende da capacidade o homem para:

- 1 — sobreviver e reproduzir-se;
- 2 — exercer trabalho físico de vários tipos sem entrar em exaustão;
- 3 — subir e/ou manter o lugar na sociedade;
- 4 — se sentir bem emocionalmente...», Boyden, 1981, p. 30.

Mas os fluxos de população para os centros urbanos, foram especialmente, diria quase unicamente, motivados pela oportunidade de ascender social e economicamente, pelo que qualquer dos outros factores de qualidade de vida foi menosprezado.

relativamente às funções que lhe estão destinadas: transformação da matéria-prima, inovação tecnológica, transporte, educação e dinamização sócio-cultural. O *homem* (sob o ponto de vista físico e psicosocial) e o *espaço* foram os maiores perdedores neste processo de crescimento desenfreado dos núcleos urbanos. A procura de constantes *feedback* positivos gerou distúrbios no equilíbrio do ecossistema e alterou o «valor» de cada um dos elementos do sistema, favorecendo uns em detrimento de outros.

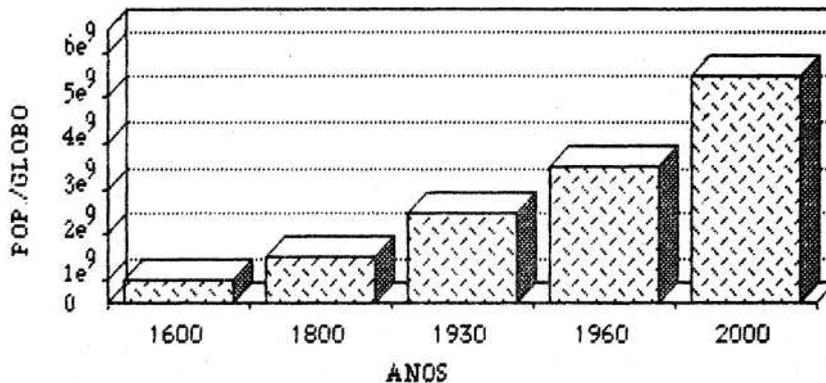


Fig. 1 — Total de população no globo (Detwyler, 1975).

A cidade é, portanto, um bom exemplo de «domínio» do homem sobre a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera. As inúmeras actividades que lhe dão razão de existência criam:

1 — *Mudanças substanciais nos primeiros 600 metros da atmosfera*, alterando os fenómenos meteorológicos resultantes das trocas físico-químicas na interface Terra-Atmosfera. Se recordarmos que 100 % da humidade, 75 % das entradas de calor bem como a dissipação de 40 % da energia cinética se devem à superfície da Terra (CHAJNDLER, 1976, p. 129), torna-se evidente a magnitude das alterações climáticas geradas por qualquer núcleo urbano.

2 — *Alterações fisiológicas na fauna e na flora* induzidas por uma selecção das espécies em função do habitat urbano, mas frequentemente em desequilíbrio com o meio ambiente envolvente. A imunidade natural ou artificial contra certas doenças (ex: tuberculose, peste, etc), favoreceu os enormes incrementos populacionais. A imensa quantidade de desperdícios acumulados nas cidades gerou profundos desequilíbrios na cadeia trófica ao criar condições especiais para a proliferação de espécies que deles se alimentam, como ratos, vermes e outros. As espécies vegetais desenvolveram adaptações às elevadas

quantidades de chumbo, dióxido de enxofre, monóxido e dióxido de carbono, bem como à diminuição do número de horas de sol¹ e aumento de luz (iluminação artificial) durante a noite.

3 — *Alterações na topografia provocadas por novas formas de acumulação* (entulhos e lixeiras) e *de remoção* (extracção de areias, cascalho e rocha). O substracto sobrevalorizado, porque escasso, é alvo de usos múltiplos para fins sanitários (poços de captação, tanques sépticos), para desenvolvimento da comunidade e/ou para recreio. A preferência das pessoas pelos lugares mais elevados, longe dos fumos, poeiras e ruídos, agrava normalmente as pressões exercidas sobre o substracto físico, já que a estabilidade das vertentes e os seus movimentos não são, do ponto de vista técnico, facilmente impedidos. A extracção de água e minerais associada à alteração na composição química da água e gases aumentam os riscos de subsidência.

4 — *Modificações nos sistemas de circulação da água* pela alteração dos caudais de escoamento e pelo condicionamento da infiltração, bem como pelo aparecimento de um sistema inteiramente artificial usado para o abastecimento de água e remoção de esgotos. Há, nos núcleos urbanos, uma total reorientação da água no solo e falhas neste domínio representam paralizações em inúmeras funções urbanas.

Das inúmeras interferências, interessa-nos especialmente neste trabalho analisar e tentar compreender *qualitativa e quantitativamente o impacto da urbanização portuense na composição química da atmosfera*, e as relações de dependência entre o comportamento dos elementos climáticos e o tipo e intensidade dos episódios de poluição registados, para áreas diferenciadas em termos de morfologia urbana e uso do solo.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade do Porto «...tem uma forma grosseiramente oblonga, com o seu maior comprimento, cerca de 11.7 km, no sentido E-W e a sua maior largura, cerca de 4.9 km, no sentido N-S. Limitam-na respectivamente por W e S o Oceano Atlântico (3.6 km) e o rio Douro (9.6 km), por E e N confronta com os concelhos de Gondomar, Maia e Matosinhos (20 km)...» (PEREIRA DE OLIVEIRA, 1973, p. 17). Ocupa uma área de 3985 ha da qual cerca de 1/5 (752,7 ha) serve de suporte aos cerca de 44086 edifícios recenseados em 1981 (Fig. 2a e 2b)².

¹ CHANDLER, 1976, p. 130 «...a turvação da atmosfera londrina fá-la perder cerca de 270 h/ano de sol no centro da cidade e 100-150 h/ano de sol nos subúrbios...».

² *Recenseamento Geral da População*, INE, 1981.

Os edifícios são na sua maioria de construção anterior a 1945 (Fig. 2a), com dois, três e mais pavimentos (Fig. 2b)¹. As ruas, na área onde se encontram implantados estes edifícios mais antigos, são normalmente estreitas, o que associado à exiguidade de espaços verdes contribui fortemente para a imagem de grande compacidade que a cidade possui.



Fig. 2a — Idade dos edifícios no concelho do Porto (GPU, 1983).

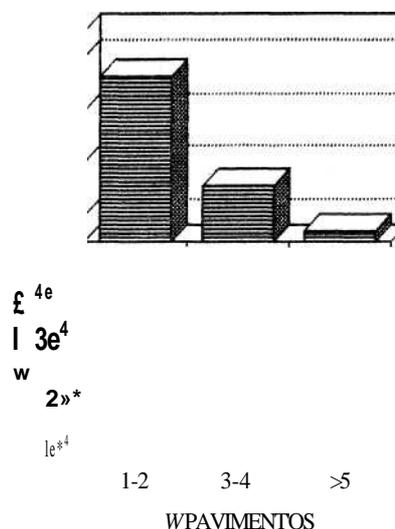


Fig. 2b — Número de edifícios com 2, 3 e mais pavimentos (GPU, 1983).

Na cidade do Porto residiam em 1981 327696 habitantes, desigualmente distribuídos pelas 15 freguesias em que se subdivide administrativamente (Fig. 3).

O alojamento das mais de 300000 pessoas residentes no concelho justifica aliás, só por si, a larga maioria do espaço construído na cidade (Fig. 4a e 4b).

Apesar do fraco peso relativo na totalidade do espaço construído na cidade (Fig. 4a e 4b), têm grande importância para este trabalho as 1719 unidades industriais, subdivididas em 1270 unidades ocupadas pela indústria ligeira e 449 ocupadas pela indústria pesada², dentre as quais seleccionamos alguns grupos que nos parecem ser, pelas actividades que desempenham, os que potencialmente mais poderão alterar a composição química da atmosfera portuense (Fig. 5)³.

¹ *Plano Geral de Urbanização*, GPU, CMP, 1983.

² Apesar de discutível a divisão entre indústria ligeira e pesada, limitamo-nos a reproduzir a terminologia utilizada no *Plano geral de urbanização* (1983) para classificar as indústrias no concelho do Porto.

³ A lista das indústrias no concelho do Porto foi obtida na delegação do norte do Min. da Indústria, a cujos responsáveis aproveitamos para agradecer a disponibilidade sempre demonstrada durante a consulta dos ficheiros. Aproveitamos também para agradecer a colaboração na recolha da informação das lie. em geografia Marta Vida, Inês Carrulo e Laura Silva.

Como se pode ver na figura 5a à excepção de Cedofeita (4), são as freguesias periféricas de Ramalde (1), Paranhos (10), Bonfim (2) e Campanhã (3) as que concentram o maior número de estabelecimentos industriais potencialmente poluidores. Optamos por cartografar os valores absolutos, uma vez que a introdução da variável área não nos acrescentaria qualidade à informação sobre o posicionamento dos

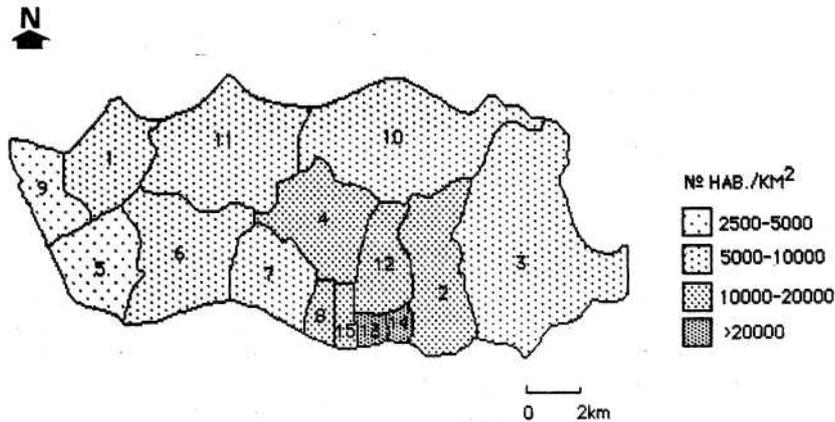


Fig. 3 — Densidade populacional do concelho do Porto por freguesia (*Recenseamento Geral da População*, INE 1981), 1—Aldoar, 2—Bonfim, 3—Campanhã, 4—Cedofeita, 5—Foz do Douro, 6—Lordelo do Ouro, 7—Massarelos, 8—Miragaia, 9—Nevoilide, 10—Paranhos, 11—Ramalde, 12—St. Ildefonso, 13—Nicolau, 14—Sé, 15—Vitória.

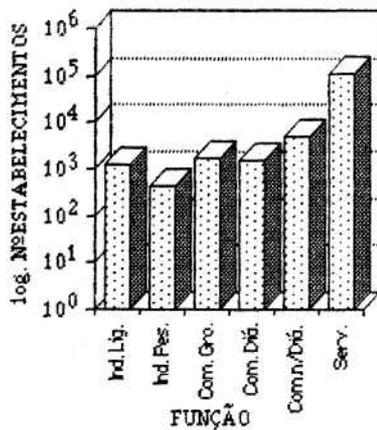


Fig. 4a — Número de unidades em cada função (GPU, 1983).

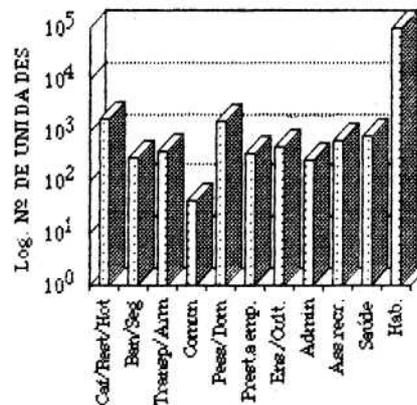


Fig. 4b — Número de unidades por tipo de serviço (GPU, 1983).

«núcleos de poluição» na cidade. Isto só se conseguirá com uma cartografia por rua e respectivo número de polícia que nos foi impossível executar, mas que tentamos ultrapassar cartografando as ruas dentro da cidade do Porto que concentram o maior número de indústrias (Fig. 5b). Nesta última confirma-se a importância da área E e do núcleo mais antigo da cidade como áreas fornecedoras de maiores quantidades de efluentes tóxicos para a atmosfera.

Toda esta construção humana assenta numa plataforma inclinada no sentido E-W, onde dominam os *granitos do Porto*^x e as formações do Complexo xisto-grauváquico² (Fig. 6). Sobre as formações mais antigas aparecem-nos depósitos de praias antigas e terraços fluviais.

Esta plataforma ligeiramente inclinada para o oceano Atlântico (Fig. 7) oscila entre os 163 m (Areosa) e os 0 m. O rio Douro e o rio Leça nela se entalharam modelando o substrato físico onde se foi implantando a cidade. A maioria destes afluentes foram reorientados pelas necessidades crescentes de espaço, e não são visíveis à superfície na maioria dos casos, ou são-no em pequenos troços (ex.: Rib.^a Granja, Rib.^a Lordelo)³.

Climaticamente, a cidade do Porto inclui-se no tipo Csb⁴, segundo o critério de classificação climática de Köppen. O seu posicionamento em latitude e a inexistência de obstáculos à influência de uma extensa massa oceânica, permitem-lhe ter uma temperatura média anual superior em cerca de 2°C à que deveria registar tendo em conta apenas a latitude⁵. A amplitude térmica anual (cerca de 11°C) é fraca, embora ligeiramente superior à amplitude térmica

¹ PEREIRA DE OLIVEIRA, 1973, p. 20 «...4/5 da superfície da cidade inscreve-se nos «granitos do Porto», um granito alcalino de grão médio a grosseiro, leucocrata de duas micas... (...) prolonga-se para S, em V. N. Gaia e o Douro, nela entalhou fortemente o seu vale...».

² CARRINGTON DA COSTA, TEIXEIRA, C —*Carta geológica de Portugal. Notícia explicativa da folha 9-C (Porto)*, Lisboa, 1957.

³ PEREIRA DE OLIVEIRA, J., 1973, p. 19 «...A urbanização, em crescendo rápido a partir, sobretudo, do séc. XIX, quase apagou o largo traçado superior dos vales dos pequenos afluentes. Estes na sua maioria foram encanados ou cobertos por fortes aquedutos sobre os quais, não raro, passam algumas ruas portuenses, como as de S. João e de Mouzinho da Silveira, sobre o rio da Vila...».

⁴ O tipo climático Csb caracteriza-se por a temperatura média do mês mais quente ser superior a 10°C e do mês mais frio entre 0° e 18°C, a precipitação ocorre nos meses de Inverno e a temperatura do mês mais quente não excede os 22°C.

⁵ PEREIRA DE OLIVEIRA, 1973, p. 40 apresenta a fórmula de Forbes segundo a qual a temperatura no paralelo correspondente ao Porto (lat. 41° 08') será:

$$T_{41^{\circ} 08'} = - 10.8 + 132.9 \cos.5/4 41^{\circ} 08' + 21.2 \cos 41^{\circ} 08' 10$$

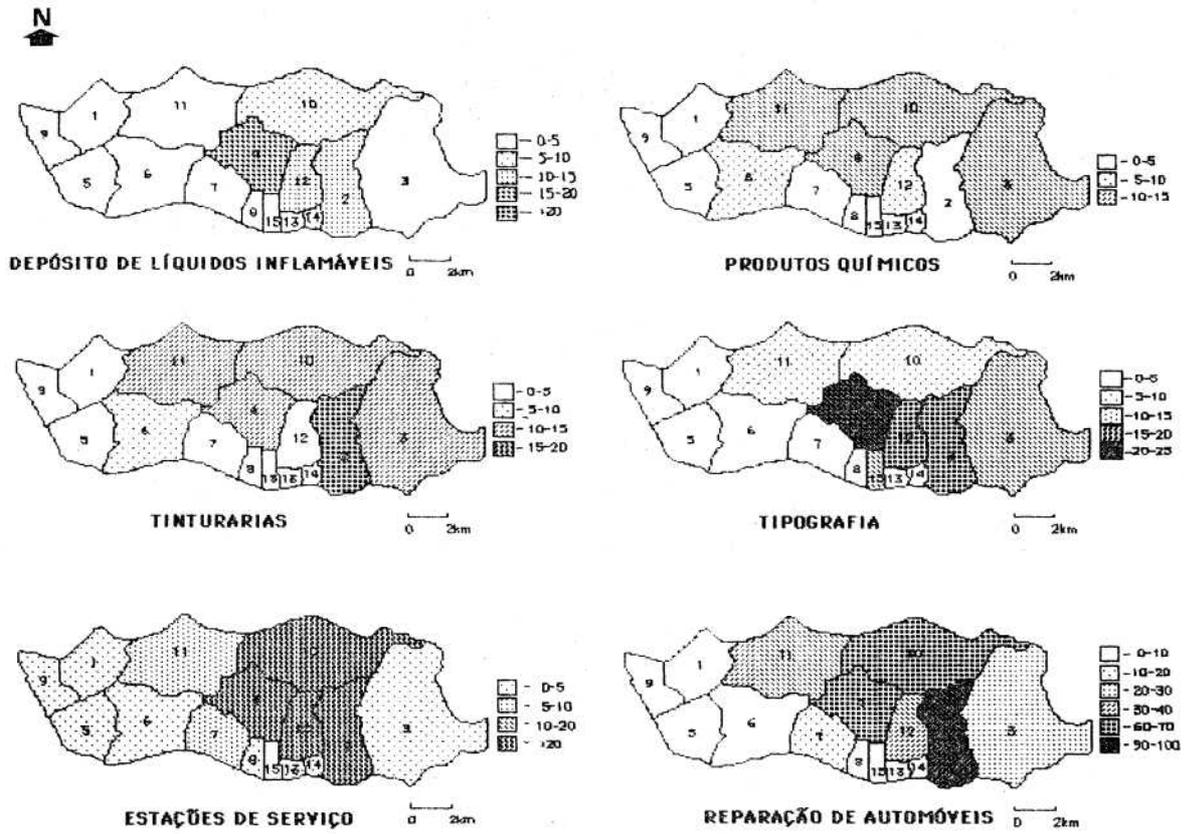


Fig. 5a — Número de unidades industriais poluentes por freguesia na cidade do Porto.



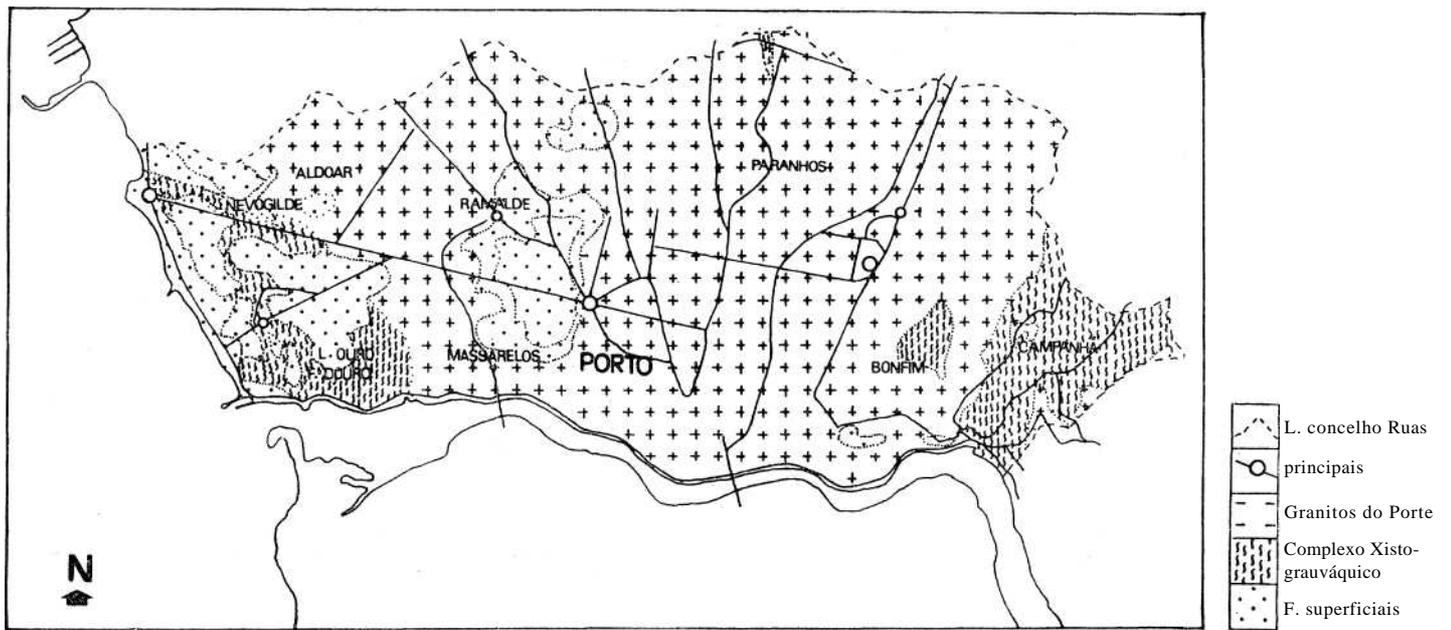


Fig. 6 — Geologia do concelho do Porto. *Carta geológica de Portugal—folha 9--C (Porto)*, Lisboa, 1957, adap.

0 1 km

diurna (cerca de 7°C, sobretudo devido a um ligeiro, aumento desta durante o Verão.

No Inverno a passagem alternada e irregular de depressões atlânticas e cristas anticiclónicas propicia a ocorrência de dias de grande instabilidade e elevadas precipitações e outros de tempo estável e mais frio, mas só muito raramente se verificam temperaturas extremamente baixas. O Verão caracterizado pela influência, ora do anticiclone dos Açores, ora de depressões provenientes do interior da Península, vê favorecido o aparecimento frequente de nevoeiros e diminuída a frequência de ocorrência de dias típicos de secura estival normais nesta época do ano.

As precipitações distribuem-se de uma forma bastante irregular durante todo o ano, com máximas diárias entre os 110 e os 180 mm nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro.

Os ventos predominantes são de E e NW, o primeiro destes rumos, frequentemente, entre Outubro e Março e o segundo de Abril a Setembro.

3. ANÁLISE COMPARATIVA DOS ELEMENTOS CLIMATOLÓGICOS, ACIDEZ FORTE E FUMOS NEGROS PARA O PERÍODO DE ABRIL 1987 A MARÇO 1989 ¹

As concentrações elevadas dos designados «poluentes tradicionais» ² está obviamente associada a factores sócio-económicos (quanto, como, onde e o que se emite) e às condições meteorológicas na área envolvente do emissor.

As situações anticiclónicas, especialmente os movimentos anticiclónicos lentos ou estacionários, dificultam a dispersão de poluentes. As temperaturas especialmente baixas, embora não influenciem directamente a dispersão dos poluentes, produzem um aumento das taxas de emissões e conseqüentemente uma maior concentração junto ao

¹ Este capítulo foi parcialmente abordado numa comunicação apresentada no Colóquio Ibérico de Geografia, Leon, 1989.

² Os fumos negros e o dióxido de enxofre são assim designados pela sua forte associação ao processo de industrialização. A quantificação das emissões exclusivamente artificiais de qualquer deles, mas especialmente do dióxido de enxofre, é particularmente difícil, uma vez que existem naturalmente e sob forma não tóxica. Quando em concentrações excessivas, o SO₂ é responsável por estragos na vegetação, pela acidificação dos solos e seu conseqüente empobrecimento, pela lavagem de nutrientes do solo, e pela tão preocupante «chuva ácida». Esta é um dos diversos processos de remoção do SO₂ da atmosfera, em que o SO₂ se oxida na presença de água e catalizadores, transformando-se em compostos ácidos que posteriormente se diluem na água da chuva, danificando infra-estruturas, solos, vegetação e provocando diversas irritações oftálmicas e dérmicas.

solo (ex.: aquecimento doméstico, comercial e industrial, maior n.º de veículos em circulação, etc).

Para a área do Porto existem registos de dióxido de enxofre e fumos negros desde 1968¹. Avarias sucessivas e/ou desgaste no equipamento², para além de mudança na localização de alguns postos de registo, tornam difícil encontrar uma amostra significativa com blocos temporais comuns de informação para todos os postos.

Optamos pelo período de 1 Abril 1987/31 Março 1989 por nos parecer aquele que melhor nos informaria acerca da qualidade do ar na atmosfera portuense, uma vez que coincidiu com a inclusão, na rede, de novos postos dentro da mancha urbana. O período de análise (731 dias), apesar de insuficiente, parece-nos razoável para iniciar esta *compreensão associativa dos fenómenos atmosféricos e dos picos de poluição na cidade do Porto*,

Os sete postos da rede de medição da qualidade do ar na área metropolitana do Porto por nós considerados (Fig. 8), apresentam

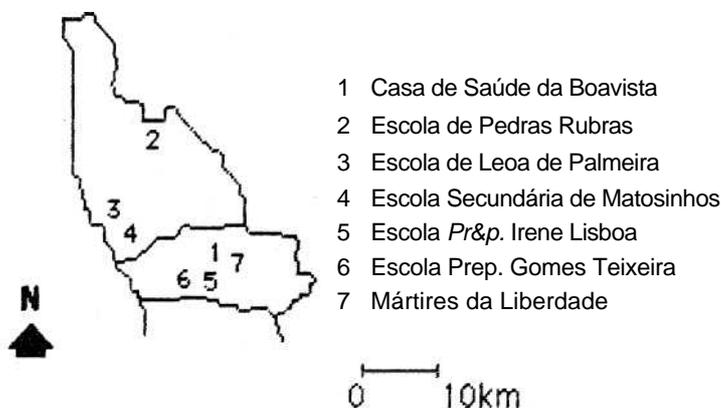


Fig. 8 — Rede de medição de acidez forte e fumos negros nos concelhos do Porto e Matosinhos.

¹ Para o Porto a rede de medição da responsabilidade da DGQA, além de não tipicamente urbana, apenas regista informação relativa ao dióxido de enxofre e fumos negros. Esta rede inicialmente montada pela Petrogal tem vindo a ser sucessivamente adensada pelo Gabinete de Protecção do Ar, a cuja responsável Eng.^a Conceição Alvim aproveitamos para agradecer a disponibilidade de dados.

² ALVIM, 1989, p. 6 «...a acidez forte é medida pelo método da água oxigenada segundo a NORMA ISO/DIS-4220 de 2/1982, usando-se um processo potenciométrico para a detecção do ponto final de titulação com o aparelho ORION RESEARCH MODEL 70IA DIGITAL YONALYZER (...) os fumos negros são medidos pelo método da mancha reflectométrica, segundo a NORMA AFNOR NFX 43/005 de 1977, tendo-se usado um reflectómetro PHOTOVOLT 575 e filtros WHATMAN n.º 1...».

pelas razões já apontadas inúmeras falhas, que não tentamos preencher com valores médios ou outros, já que introduziríamos demasiado ruído na informação e afastar-nos-íamos do objectivo pretendido. Como se pode ver na tabela 1, dos 731 dias de registo possíveis, apenas os dados de acidez forte de Casa de Saúde da Boavista, Pedras Rubras, Leça da Palmeira e Irene Lisboa representam amostras significativas. Para os fumos negros qualquer dos postos considerados possui um número escasso de dados.

TABELA 1 — Valores de acidez forte ($^*/g/m^3$) e fumos negros (Oig/m^3) para os postos da rede de medição da área metropolitana do Porto de 1 Abril 1987 a 31 Março 1989. Ac—acidez, Fn—fumos negros.

Postos	Ac1	Ac2	Ac3	Ac4*	Ac5	Ac6	\c73	n1	n2	Fn3	Fn4	Fn5	Fn6	Fn7
NºCas	703	655	651	252	508	44	207	351	357	320	280	169	43	206
V.min.	0	0	0	0	0	48.4	4.9	1.6	1.1	3.0	1.4	5.2	5.1	6.5
V.max	243	139	402	218	228	209	235	75.8	38.8	48.4	145	70.2	48.9	249
Média	57.5	35.7	68.2	53.1	49.7	113.	83.9	13.8	8.1	11.5	20.0	19.8	19.2	126.2
50%	50.6	29.4	47.0	44.0	40.1	100.	73.8			7.8	13.5	16.2	17.8	130.2
CVar.	67.	92.0	94.4	65.6	74.1	39.4	51.7	77.1	85.8	69.3	94.8	63.8	64.8	36.9

Estando impedidos de analisar comparativamente as estações, resta-nos procurar os episódios de grande concentração em cada posto e tentar encontrar picos de poluição comuns a todas as estações.

Segundo o despacho normativo n.º 29/87 os valores-guia para concentrações médias diárias de SO_2 e fumos negros oscilam entre 100-150 $[xg/m^3]$.

Se repararmos na figura 9, foi o posto de Leça da Palmeira, situado na área de influência da refinaria e do parque industrial de Matosinhos, o que registou maiores quantitativos diários de SO_2 ,

¹ AL VIM FERRAZ, C, 1988, p. 25 «...o posto de Matosinhos (4) esteve primeiro encerrado por avaria no relógio programador e posteriormente (Setembro 1987) foi sujeito a testes de medição da acidez segundo o método THORIN, que por não revelar resultados foi abandonado em finais de Novembro de 1987. Esta experiência deveu-se à suspeição dos técnicos de que a presença na atmosfera de uma grande quantidade de catiões de amónia, provocava interferências nos valores de acidez e justificava os valores anormalmente baixos até então registados...».

² O posto localizado na R. Cedofeita na Escola Preparatória Irene Lisboa (5) foi instalado em Março 1987, inviabilizado em Outubro 1988 e posteriormente transferido para a Escola Preparatória Gomes Teixeira (6).

³ O posto localizado na R. Mártires da Liberdade (7) só foi montado em Julho de 1988.

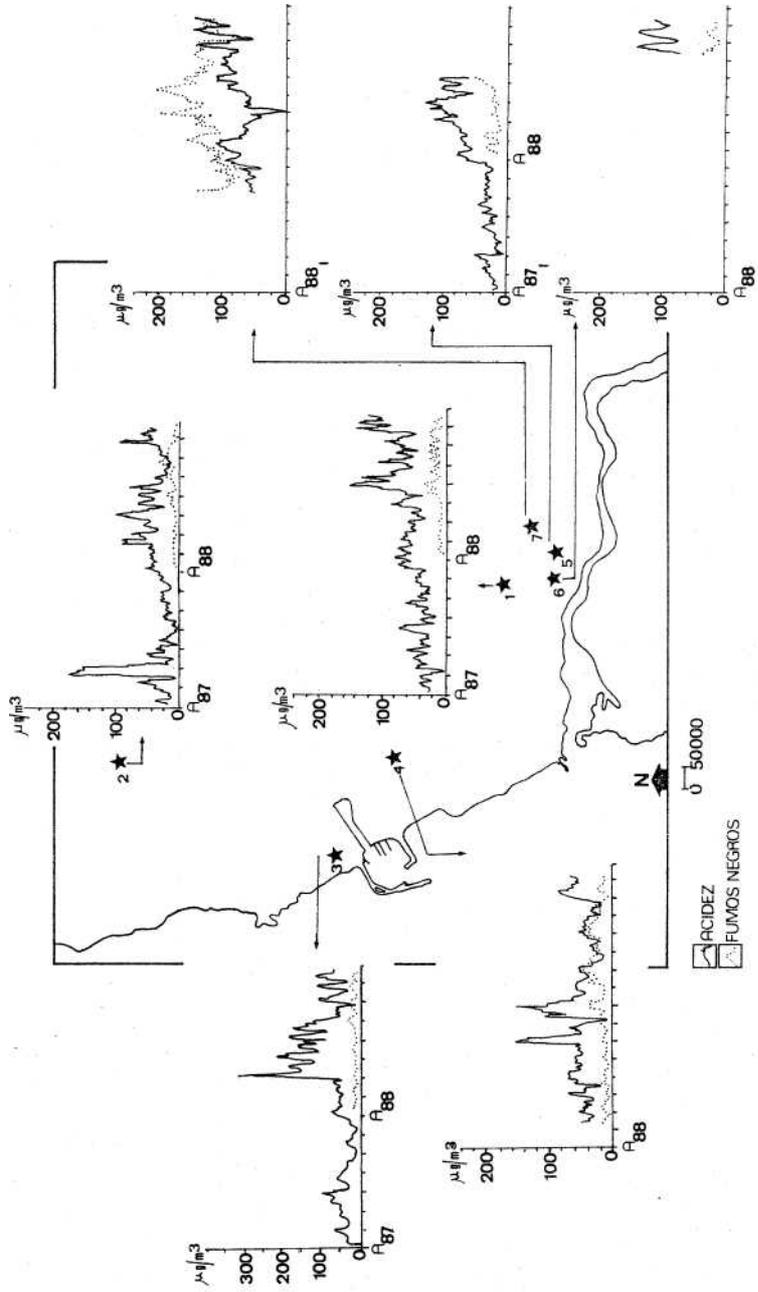


Fig. 9 — Acidez forte e fumos negros na área metropolitana do Porto entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1989 com base nos registos da DGQA.

destacando-se o período de 21 a 28 de Junho 1988 em que os totais diários ultrapassaram sempre os 360 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ tendo atingido no dia 22 os 401.6 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$. Igualmente elevados foram os valores de SO_2 na Casa de Saúde da Boavista tendo atingido valores acima dos 200 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ em 27 e 28 de Setembro de 1988 e o máximo diário de 243 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ em 16 de Fevereiro de 1989. Os postos de Mártires da Liberdade e Irene Lisboa registaram também valores elevados durante o período em análise. O posto situado na Escola Preparatória Gomes Teixeira apresenta valores sempre muito elevados, mas como apenas inclui observações de Fevereiro a Março de 1989 não nos permite retirar demasiadas ilações sobre as características da área onde se encontra.

O número de dias de acidez forte superior a 100 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ (limite inferior do valor-guia), especialmente no período de Abril 1988/Março 1989, assumiu valores preocupantes, quer pela frequência, quer pelo próprio quantitativo registado (Fig. 10).

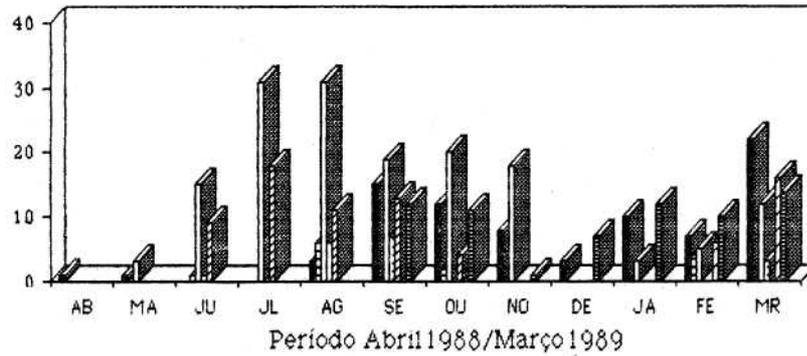
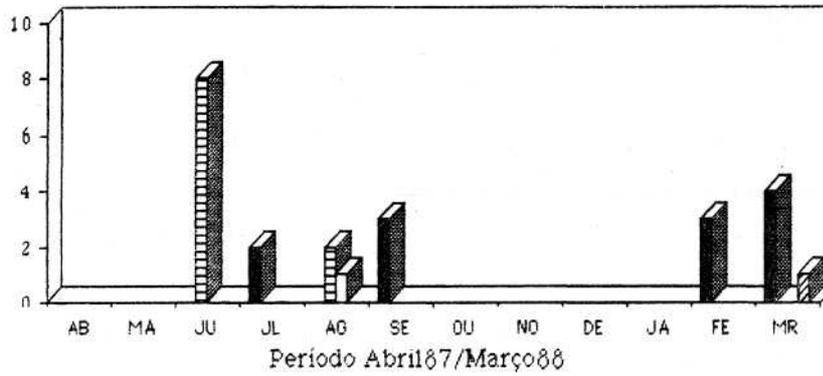
No conjunto dos sete pontos de medição cerca de 50 % das ocorrências acima do valor-guia aconteceram nos meses de Agosto, Setembro e Março. Março e Setembro, os mais frequentemente afectados pela poluição atmosférica foram responsáveis por 37 % do total de dias em que o SO_2 foi superior a 100 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$.

Valores acima dos 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ só ocorreram no período de 87/88 no posto de Pedras Rubras (entre 25 e 29 Junho 1987), todos os outros foram registados depois de Junho de 1988.

Durante 88/89 surgem-nos com uma grande frequência em todos os postos da rede valores de SO_2 acima de 150 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ (Fig. 11). Leça da Palmeira foi o único a exceder largamente este valor tendo registado valores acima dos 300 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ de 21 a 28 de Junho de 1988 e nos dias 9, 13 e 15 de Agosto 1988.

O aumento substancial da frequência e dos quantitativos assumidos pelos episódios de poluição no último ano, que pode aliás ser confirmado na tabela 1, onde a média nos surge para qualquer posto, sempre com valores superiores à mediana, justificam alguma apreensão e alimentam a procura das razões que lhe estão subjacentes.

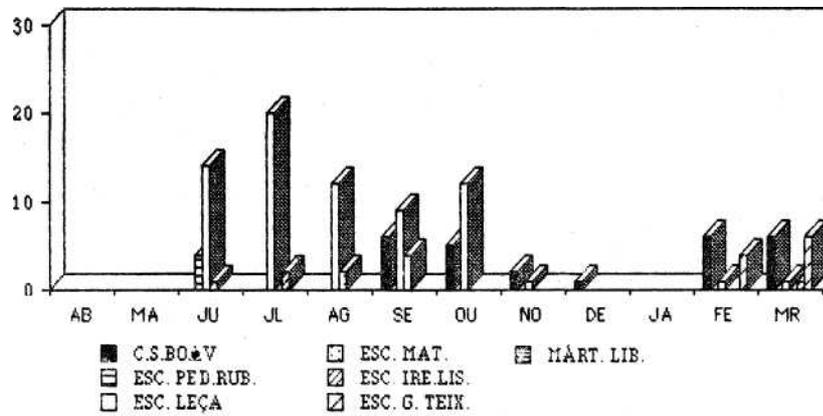
Para que se atinjam estes valores preocupantes de SO_2 na atmosfera, é condição, necessária mas não suficiente que haja efluentes industriais lançados para a atmosfera em quantidades elevadas. As maiores ou menores concentrações, face a um total emitido idêntico, dependem posteriormente das condições de dispersão da atmosfera no momento. Tal sugere-nos a procura, para o caso do Porto, de relações entre os episódios mais agudos de contaminação do ar e o ritmo a que se desenrola o metabolismo da cidade que inclui, nomeadamente, a actividade industrial e a circulação de pessoas, informação e produtos.



- C.S. BOAV
- ▨ ESC. PED. RUB.
- ESC. LEÇA
- ▤ ESC. MAT.
- ▥ ESC. IRE. LIS.
- ▧ ESC. G. TEIX.
- ▩ MÁRT. LIB.

Fig. 10 — Número de ocorrências de SO₂ acima dos 100 µg/m³.

Fig. 11 — Número de ocorrências de SO₂ acima dos 150 µg/m³.



- C.S. BOAV
- ▨ ESC. PED. RUB.
- ESC. LEÇA
- ▤ ESC. MAT.
- ▥ ESC. IRE. LIS.
- ▧ ESC. G. TEIX.
- ▩ MÁRT. LIB.

Na figura 12 representamos graficamente a frequência de ocorrência de níveis de SO₂ superiores a 100 [µg/m³ em cada dia da semana.

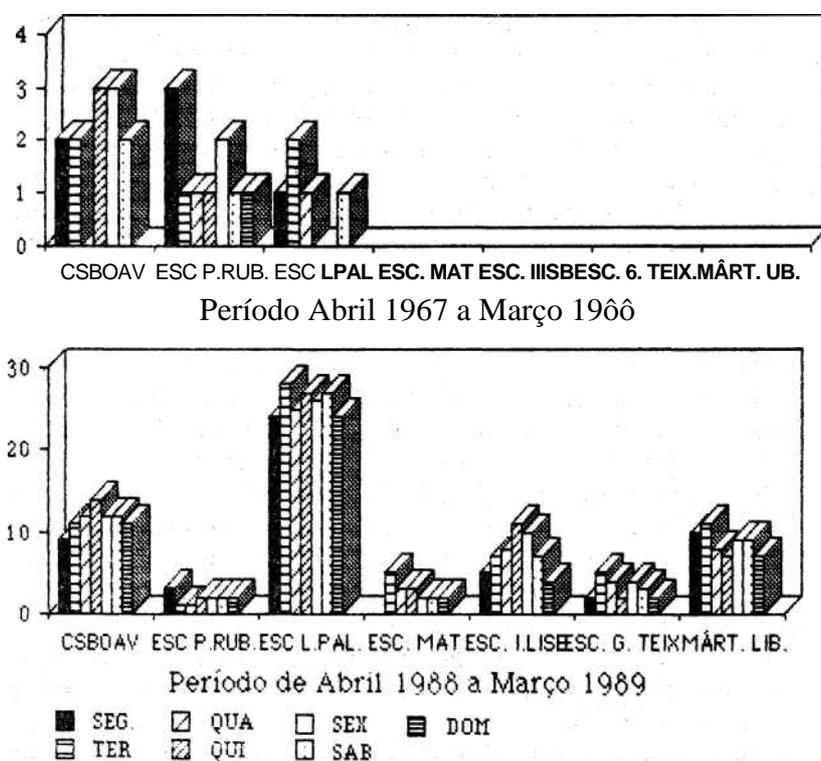


Fig. 12 —Número de ocorrências de SO₂ acima dos 100 µg/m³ por dias da semana.

No período de Abril de 1987 a Março de 1988 o número de casos em que o valor-guia foi ultrapassado é pequeno e a diferença entre os dias da semana, mais e menos afectados, é mínima, traduzindo-se por 2 dias na Escola de Pedras Rubras e 1 dia na Casa de Saúde da Boavista. No caso da Casa de Saúde da Boavista, influenciada pelo parque industrial que ladeia a via Marechal Carmona, pela estação de recolha dos STCP e por intenso trânsito ferroviário e rodoviário, os dias da semana com as concentrações mais elevadas foram a quinta e sexta-feira. A Escola de Pedras Rubras, na área de influência do aeroporto e de uma via rápida que, para além do tráfego normal, está no roteiro da maioria das carreiras TIR, tem

como dias mais sacrificados, em termos de qualidade do ar, as segundas e sextas-feiras.

O segundo período foi alvo de uma maior ocorrência de episódios de poluição em qualquer dia da semana. Na casa de Saúde da Boavista e na Escola Irene Lisboa (R. Cedofeita) nota-se, claramente, um aumento do número de casos ao longo da semana, um máximo à quinta e sexta-feira e uma diminuição significativa durante o fim de semana. A rua de Mártires da Liberdade¹, pela sua morfologia urbana (rua muito estreita ladeada de prédios relativamente altos) e pelo seu intenso e congestionado tráfego, traduz relativamente ao SO₂ a sua especificidade de via de circulação com grandes índices no princípio e fim da semana e uma melhoria não muito significativa ao sábado e domingo.

A inexistência de uma estação climatológica na área urbana no Porto levou-nos a optar pela do Porto-Serra do Pilar, para a análise do comportamento diário de alguns elementos climáticos. Da totalidade de elementos recolhidos seleccionamos os que, quanto a nós, podem ter favorecido a concentração de poluentes (Tab. 2).

É claro que nem as precipitações máximas diárias em 10 minutos e 1 hora podem ser consideradas intensas, nem as temperaturas mínimas abaixo de 3.5°C são anormalmente baixas, nem vento próximo dos 10 km/h pode ser designado de vento fraco, mas neste como em todos os parâmetros analisados, contabilizamos aqueles casos que na série sobressaíam de alguma forma.

Admitindo que os elementos climáticos considerados na tabela 2, à excepção da precipitação, favorecem a concentração de poluentes no caso das emissões a justificarem, conclui-se que os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, e os de Março e Novembro foram os que reuniram do ponto de vista climático, as piores condições de dispersão de poluentes e/ou propiciaram as maiores concentrações ao nível do solo (ex.: as temperaturas mais baixas).

O facto de nestes meses os rumos predominantes do vento terem sido, fundamentalmente, do quadrante de WNW, NNW e ESE (Tab. 2.2) ajuda-nos a compreender a direcção e sentido preferenciais da dispersão dos poluentes.

No caso de grandes emissões, os ventos de WNW, NW e NNW propiciam o aumento das concentrações de poluentes sobre a cidade do Porto, cuja área de maior densidade de ocupação industrial se

¹ Este posto, o da Escola Irene Lisboa e Gomes Teixeira face aos registos já conhecidos de concentração de SO₂ sugerem que se avalie os índices de chumbo, monóxido de carbono e outros igualmente gravosos para a saúde e que nestes postos devem assumir valores bastante preocupantes.

TABELA 2.1—Número de ocorrências no período de 1 de Abril de 1987 a 31 de Março de 1989.

EL.CLIM	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
Pmax 10m >4.5	1/1	2/	/	/2	3/	1/	3/	1/	1/	/	2/1	/1
Pmax1h >4.5	7/8	2/1	1/4	/3	2/4	4/11	5/2	2/5	5/7	1/4	4/1	/2
Ptotal >25	3/2	/	1/	/	/2	4/1	/	4/2	2/3	5/1	1/4	/1
Tmax <11.5°C	2/	/	/	/	/	/	/	2/2	2/3	5/5	3/3	/
Tmin <3.5°C	/1	/	/	/	/	/	/	7/1	5/8	8/5	/	/
Patm med >760	2/	/	/	/	/	/	/	5/8	25/22	1/14	5/7	2/
Patm diu >760	2/	/	/	/	/	/	/	1/8	26/21	8/13	5/6	4/
Vel.vento <10km/h	2/1	1/1	1/4	7/2	3/	6/	1/1	1/1	3/3	1/1	1/1	1/1

87/88
88/89

TABELA 2.2 —Rumo predominante dos ventos na estação de Porto—S. Pilar entre 1 de Abril de 1987 e 31 de Março de 1989.

	A	M	J	J	A	S	O	n	D	J	F	M
N	3				1	1			1		1	2
NNE	1	1			1					1	2	1
NE												
ENE	2	3	2	2	2			2	1	2	2	4
E	1	9	1		2	7	5	4	11	8	6	8
ESE	4	6	4	3	5	9	11	32	26	12	16	11
SE	1		2		1	2	1	9	6	18	5	2
SSE	2	1	1					3	1	2	3	1
S						1	10	1	1			
SSW	6	1	3	2	3	4	7	2	7	7	3	3
SW	4	1	3	2	1		3				4	1
WSW	4	5	2	3	3		5	2		2	2	1
W	3	4	1	3		2	2		1			2
WNW	14	16	18	20	18	19	3	1	2	4	6	5
NW	8	5	2	6	1	4	4	2	3	3	3	7
NNW	7	10	21	21	24	11	1	4	1	2	6	15

situa a N do concelho. A refinaria da Petrogal, provavelmente a fonte emissora de produtos em quantidades tóxicas de maior impacte, situa-se precisamente a NNW da cidade.

A figura 13 reforça esta ideia, quando nos apresenta os quadrantes de NNW e WNW, mais frequentes em Julho, Agosto e Setembro, como os quadrantes em que alguns postos situados no interior da cidade (Irene Lisboa e Gomes Teixeira), registaram o maior número de dias com SO_2 superior a $100 \mu g/m^3$ (Fig. 10).

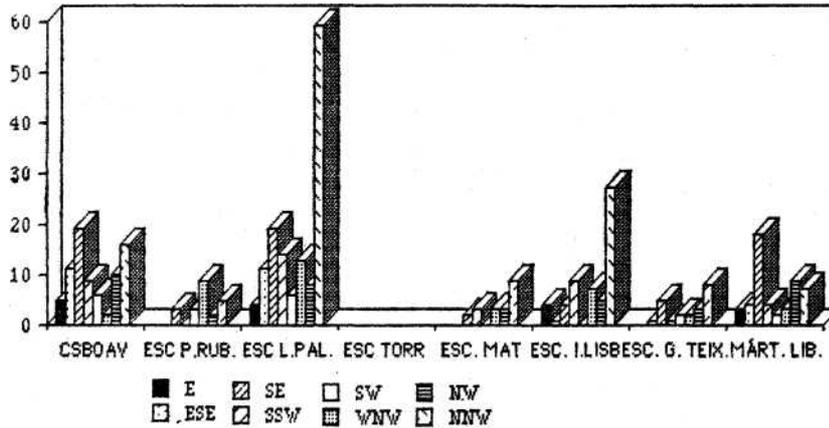


Fig. 13 — Número de ocorrências dos ventos dominantes nos dias em que as concentrações de SO_2 foram superiores a $100 \mu g/m^3$ (Abril 1987/Março 1989).

A importância dos rumos predominantes do vento está patente também no caso de Leça da Palmeira, a SSE da refinaria da Petrogal, que assistiu a cerca de 60 % do número de casos de SO_2 superior a $100 \mu g/m^3$ coincidir com ventos do quadrante de NNW.

A pressão atmosférica é, indubitavelmente, um outro elemento climático que influencia decisivamente o rumo e o tempo de estadia na atmosfera de um qualquer efluente. Condicionando-lhe a ascendência, circunscreve a sua influência a uma área próxima do emissor, favorecendo a sua subida, retarda os efeitos e provoca-os a maiores distâncias.

Na figura 14 representaram-se o número de dias em que as concentrações de SO_2 foram superiores a $100 \mu g/m^3$ e que ocorreram em dias com pressão atmosférica superior a 760 mm. De um total de 91 dias com pressão atmosférica alta (Tab. 2.1), 33 coincidiram com episódios agudos de poluição.

Os efeitos da pressão atmosférica fizeram-se sentir, sobretudo, nos postos da Casa de Saúde da Boavista e R. Mártires da Liberdade em que os dias com concentrações de SO₂ superiores a 100 µg/m³ coincidiram na sua maioria com dias de elevada pressão atmosférica (Tab. 3).

TABELA 3 — Número de ocorrências de SO₂ 100 µg/m³ coincidentes com pressão atmosférica maior do que 760 mm/Hg.

Postos	A	h	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M
CSB		1						1	3	5	3	2
PR											3	
LP										3	5	2
IL												1
GT											4	
ML								t	5	12	6	2

O facto de na Casa de Saúde da Boavista e na R. Mártires da Liberdade os dias com grande concentração de poluentes terem coincido em Dezembro e Janeiro sempre com situações de alta pressão, enquanto que noutros postos exteriores à cidade esta relação não será tão vincada, permite-nos avançar a ideia de que *as condições de pressão afectam sobretudo a cidade* e contribuem para uma diminuição da qualidade do ar sobretudo a expensas dos efluentes libertados na própria cidade.

A relação entre o comportamento dos elementos climáticos e a qualidade do ar é complexa e individualizada. As variáveis em causa em cada episódio e para cada posto particularizam-se, como prevíamos, mas não restam dúvidas de que o comportamento climático ao nível local, bem como a localização e o total libertado por cada emissor estão fortemente relacionados.

Na figura 14 ao representarmos graficamente as correlações mais fortes entre os elementos climáticos, os valores diários de fumos negros e acidez forte, confirmamos que além de diferenças substanciais entre o primeiro e o segundo período analisados, as relações entre os picos de poluição e o comportamento dos elementos climáticos varia consideravelmente durante o ano.

As correlações superiores a 0.50 (positivas e negativas) surgem-nos com maior frequência entre 1 Outubro de 1988 e 31 Março de 1989, altura em que os fumos negros e o SO₂ assumiram em média os valores mais elevados.

Entre Abril e Setembro de 1987 só os valores de acidez forte de Leça da Palmeira (os mais elevados da rede) estão fortemente correla-

Estudo da degradação da qualidade do ar na Cidade do Porto

cionados positivamente com a temperatura média mínima e máxima diária.

No segundo semestre não há qualquer semelhança de comportamento entre as variáveis consideradas.

De Abril a Outubro de 1988 (quando os valores de acidez e fumos negros apresentam os maiores valores absolutos em diversos postos) constata-se uma similitude no comportamento da acidez e fumos negros na Casa de Saúde da Boavista e, entre os fumos negros de vários postos da rede (Pedras Rubras, Leça da Palmeira e Mato-

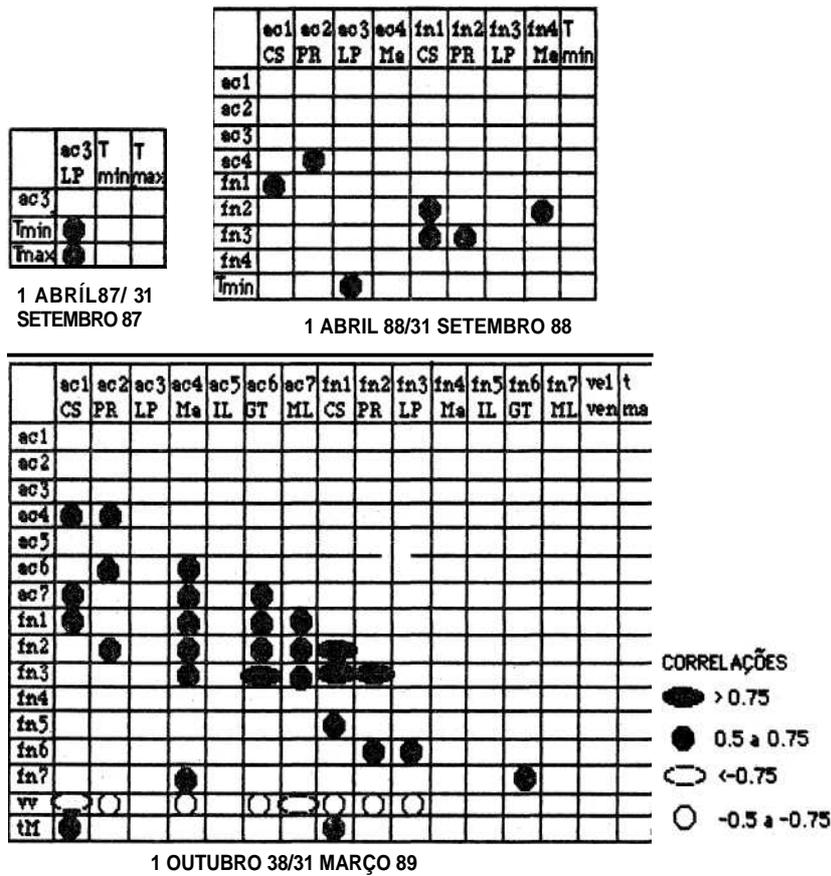


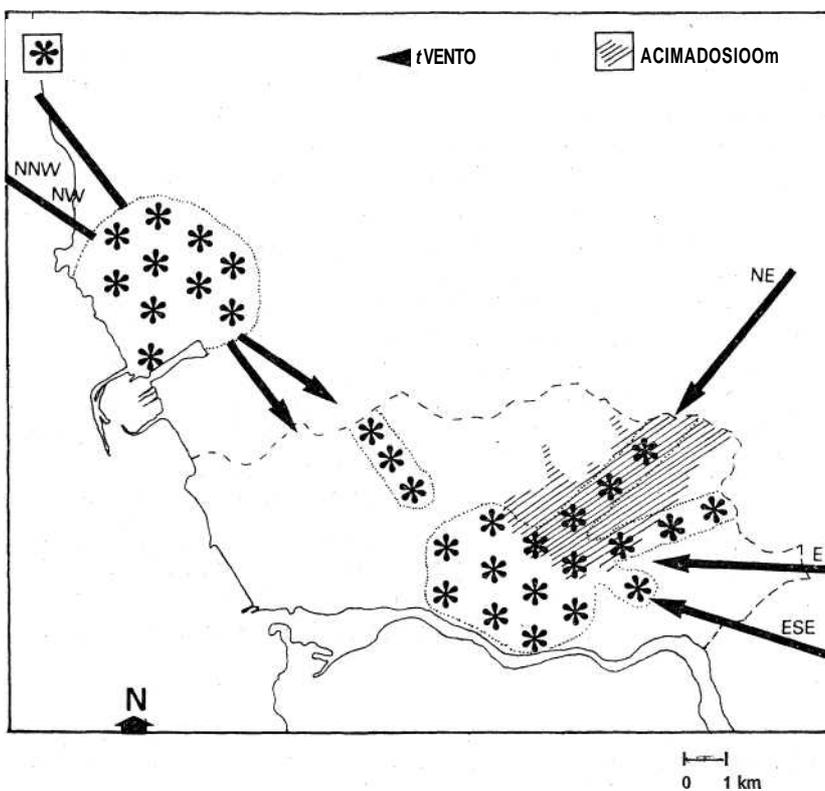
Fig. 14 — Correlações mais elevadas entre fumos negros, acidez forte e alguns elementos climáticos de 1 de Abril de 1987 a 31 Março de 1989.

ac—acidez forte, fn—fumos negros, vv—velocidade do vento, tmin—temperatura mínima, tM—temperatura máxima.

sinhos). Neste período, mais uma vez, é Leça da Palmeira o único posto a apresentar fortes correlações com valores de temperatura.

De Outubro de 1988 a Março de 1989 o número de variáveis correlacionadas entre si aumentou consideravelmente. À medida que as concentrações vão aumentando, o comportamento entre os diversos postos, vai assumindo paralelismos entre si e a dependência das condições da atmosfera no momento vai aumentando. Notem-se as fortes correlações negativas dos totais de poluição em quase todos os postos e a velocidade do vento. Neste caso assumem posição de destaque o posto da R. Mártires da Liberdade e o da Casa de Saúde da Boavista.

Parece-nos, portanto, possível afirmar que a poluição na cidade do Porto resulta sobretudo das emissões dentro da própria cidade.



PRINCIPAIS NÚCLEOS DE
POLUIÇÃO

Fig. 15—Áreas de maior probabilidade de ocorrência de elevadas concentrações de poluentes na cidade do Porto.

Estas não se circunscrevem exclusivamente às unidades industriais, mas englobam também os efluentes libertados nas principais vias de circulação cujos efeitos se vêem multiplicados pela grande compacidade da cidade.

A poluição atmosférica na cidade do Porto, apesar de já atingir níveis preocupantes não é tão elevada quanto o poderia ser, não fora o seu posicionamento geográfico propiciar frequentes movimentações de ar e escassas condições de estabilidade (Fig. 15).

*As condições climáticas deixam, porém, de surtir os seus efeitos moderadores à medida que as concentrações diárias de SO₂ e fumos negros aumentam, e, passam pelo contrário a contribuir para agravar a qualidade do ar em diversos pontos na cidade*¹.

Pensamos com a figura 15 sublinhar:

1 — A importância dos ventos de NW e NNW, predominantes em Junho, Julho e Agosto, ao arrastarem consigo para a cidade os efluentes da refinaria da Petrogal e os produtos poluentes lançados nas principais vias de circulação de e para a cidade.

2 — O contributo dos ventos de E e ESE, frequentes em Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro, dispersando pela cidade os efluentes libertados na área de maior densidade de ocupação de indústrias potencialmente poluidoras da cidade.

3 — O efeito de acumulação de poluição no centro da cidade gerado pelos ventos de NE e ENE, não muito frequentes, que para além de atravessarem no seu percurso áreas fornecedoras de poluentes, o fazem da parte mais alta da cidade para a parte mais baixa. Os ventos deste quadrante favorecem a subsidência mecânica do ar sobre o centro da cidade dificultando a dispersão dos poluentes aí libertados e adicionando-lhes os que foram adquirindo no trajecto.

Se recordarmos, que por cada 25 kg de alimentos líquidos e sólidos que consumimos diariamente inspiramos cerca de 85001 de ar², podemos deduzir as inúmeras repercussões que acarretam modificações, ainda que pequenas, na composição química do ar atmosférico que respiramos. Os efeitos não se circunscrevem no entanto, apenas à

¹ Veja-se o caso do posto na Casa de Saúde da Boavista, R. Mártires da Liberdade e Escola Gomes Teixeira em que pequenas «nuances» na pressão atmosférica provocaram grandes aumentos na concentração de poluentes.

² CHANDLER, 1976, p. 130, «...there has in the past been a curious contradiction in attitudes between a militant concern for the purity of the 25 kg of food and water that we consume daily, and a general apathy towards the fouling of the 85001 of air we breath each day by miasma of assorted and generally unwholesome pollutants...».

alteração da composição química do ar que colocamos à disposição do nosso sistema respiratório, mas englobam também modificações em toda a cadeia trófica, geradores de efeitos indirectos através da ingestão de alimentos contaminados.

Os níveis de SO₂ e fumos negros acima dos 150 [Jig/m³ registados em diversos postos da rede de medição de poluição na cidade do Porto, especialmente de 1 de Abril de 1988 a 31 de Março de 1989, associados às igualmente elevadas concentrações de monóxido e dióxido de carbono e chumbo que se adivinham, justificam uma preocupação redobrada assente em eficazes suportes legislativos, de forma a evitar condições irreversíveis, que coloquem definitivamente em causa a qualidade de vida (física e/ou psíquica) dos portuenses.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALVIM FERRAZ, C. *et al*—*A qualidade do ar na área do Porto 1986/87 — sua evolução desde 1968*, CCRN, Porto, 1988.
- *A qualidade do ar na área do Porto 1987/88 — sua evolução desde 1968*, CCRN, Porto, 1988.
- *A qualidade do ar na área do Porto 1986/87 — sua evolução desde 1986*, CCRN, Porto, 1989.
- BOYDEN, S. V. — *The ecology of a city and its people*. Australian National University Press, Camberra, 1981. CHANDLER, T. — «Absolute and relative humidities in towns», *Buli. of Am. Meteo. Society*, vol. 48, n.º 6, pp. 394-399, USA, 1967.
- *The management of climatic resources—an inaugural lecture delivered at University College of London*, H. K. Lewis & Co. Ltd., London, 1970.
- «Urban climates and the natural environment», *Int. J. Biometeo*, vol. 20, n.º 2, pp. 128-138, USA, 1976.
- CLARK, W. — *Sustainable development of the biosphere*, IIASA, Laxenburg, Áustria, 1986.
- DETWILER, R. — *Urbanization and environment*, Duxbury Press, Belmont, 1975.
- DAVEAU, S. — *Geografia de Portugal — o ritmo climático e a paisagem*, Ed. Sá da Costa, Lisboa, 1988.
- DICKS, S. — «Urban and rural humidity ditributions: relationships to surface materiais and land-use», *Journal of Climatology*, vol. 5, pp. 53-62, London, 1985.
- PEREIRA DE OLIVEIRA, J. — *O espaço urbano do Porto — condições naturais e desenvolvimento*, CEG, Coimbra, 1973.
- RAMOS, C. — «A influência das situações anticiclónicas no regime da precipitação em Portugal», *Finisterra*, n.º 43, pp. 5-38, CEG, Lisboa, 1987.
- VENTURA, J. — «Influência das gotas de ar frio no ritmo e na repartição espacial das chuvas em Portugal», *Finisterra*, n.º 43, pp. 39-69, CEG, Lisboa, 1987.

SUMMARY

Contribution to the study of Oporto's air quality since 31th March 1987 to 1st April 1990.

The main objective of this paper is to understand the qualitative and quantitative impact of Oporto's urbanization on the chemistry of the local atmosphere.

As we know the high concentrations of sulphur dioxide and black smokes in the atmosphere have a tight relationship with the industrial emission sources (quantity and location), but also with the atmospheric dispersion conditions. So we tried to find the main causes, from a climatological point of view, involved in the occurrence of peaks of pollution registered at Oporto air monitoring network, from 1 April 1987 to 31 March 1989.

RESUME

Contribution pour l'étude de la dégradation de la qualité de l'air au Porto.

Les fortes densités démographiques des noyaux urbains, ou la population a été attirée, du moins au début, par une amélioration de la qualité de la vie, ont provoqué une maximalisation de l'utilisation de l'espace, en ce qui concerne les fonctions suivantes: transformation de matière première, innovation technologique, transport, éducation et dynamisation socio-culturelle. L'homme (du point de vue physique et psycho-social) et l'espace ont été les grands perdants, dans ce processus de croissance démesurée des villes. La recherche de feedback positifs a entraîné des perturbations de l'équilibre écosystémique, et a modifié la «valeur» de chacun des éléments du système, en favorisant les uns aux dépens des autres.

Parmi ces innombrables interférences, nous abordons surtout, dans cet article, l'analyse et la compréhension qualitatives et quantitatives de l'impact de l'urbanisation sur la composition chimique de l'atmosphère. De même, nous examinerons les relations de dépendance entre le comportement des éléments climatiques, et le type et l'intensité des événements de pollution détectés, dans quelques lieux urbains différenciés par leur morphologie et l'utilisation du sol.