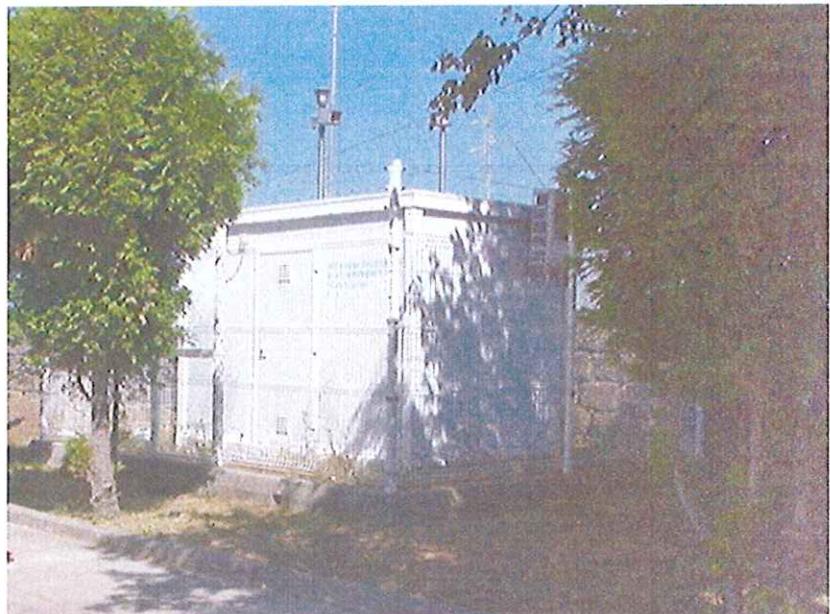




**Maria Helena Pereira
Coutinho Gomes Varela**

Avaliação da Qualidade do Ar e Estratégias de Gestão





Maria Helena Pereira Avaliação da Qualidade do Ar e Estratégias de Gestão
Coutinho Gomes Varela

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Poluição Atmosférica, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Carlos Borrego, Professor Catedrático do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho ao Pedro pelo apoio incondicional.

o júri

Presidente

Professor Doutor Carlos Alberto Diogo Soares Borrego
Professor catedrático da Universidade de Aveiro

Vogais

Professora Doutora Margarida Maria Correia Marques
Professora auxiliar da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Professora Doutora Ana Isabel Couto Neto da Silva Miranda
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Carlos Borrego, pela orientação atenta, pelo incentivo e paciência quando me viu mais desorientada.

A toda a equipa do Sector da Qualidade do Ar da CCDR-N pela disponibilização de todos os dados e meios técnicos que colocaram à minha disposição.

À Alexandra Monteiro e à Clara Ribeiro pelo apoio técnico, sugestões e críticas atentas.

À Joana pela sua presença, que mais não fora, para eu não me sentir sozinha nos momentos de maior desalento.

À minha Mãe e ao meu Pai por terem sempre acreditado que seria possível levar este desafio até ao fim e terem até para isso, mesmo sendo desconhecedores desta matéria, lido e relido partes deste trabalho.

Ao Pedro pela inesgotável paciência nos meus piores momentos, pelos serões e fins-de-semana de que foi privado e, que apesar de tudo isso, sempre me deu o seu melhor sorriso.

À Leonor pelas horas de brincadeira que não teve e que mesmo assim me continuou a dar tantos beijinhos bons.

palavras-chave

Avaliação da Qualidade do ar, Planos e Programas, Aglomeração Porto-Litoral, PM₁₀

resumo

A gestão da qualidade do ar assenta num conjunto de medidas e estratégias que se destinam sobretudo ao controlo das fontes e das suas emissões, prevenindo assim a poluição atmosférica. Como a multidisciplinaridade necessária ao estudo da qualidade do ar constitui, no seu todo, um longo processo político, na primeira parte deste trabalho apresenta-se o estado actual da política de qualidade de ar, onde se salientou a importância da elaboração dos planos e programas para a mitigação da poluição atmosférica. Inclui-se uma descrição detalhada da sua definição e do seu desenvolvimento e aplicação nos vários Estados Membros. Após terem sido identificados quais as zonas mais críticas em termos de alguns poluentes atmosféricos caracterizou-se a Aglomeração Porto Litoral, analisando vários dados de qualidade do ar e meteorológicos possibilitando a interpretação dos fenómenos envolvidos na ultrapassagem dos valores limites de PM₁₀. O estudo aqui apresentado permite então contribuir a perceber a problemática dos níveis elevados de PM₁₀ na Aglomeração Porto Litoral e propõe algumas estratégias de gestão para o cumprimento desses valores limite.

keywords

Air Quality Assesment, Plans and Programs, Agglomeration Porto Litoral, PM₁₀

abstract

Air Quality Management is supported on a set of measures and strategies that are mainly focused on controlling sources and emissions, preventing therefore atmospheric pollution. As necessary multidisciplinary for the study of air quality constitutes, in its whole, a long political process, the first part of this thesis presents the actual state of air quality policies, pointing out the importance of plan and program elaboration for the mitigation of atmospheric pollution. A detailed description of its definition as well as its development and application in various Member States is also included.

After identifying the most critical zones in terms of atmospheric pollutants, a characterization of the Porto Litoral Agglomeration was made, analyzing various air quality and meteorological data, which enabled the interpretation of the phenomenons involved in exceedances of the limit value for PM₁₀.

The study here presented grants a contribution for the understanding of the problem of PM₁₀ high levels in the Porto Litoral Agglomeration and offers some management strategies for the fulfilment of these limit values.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. PLANOS E PROGRAMAS – DEFINIÇÃO	9
3. PLANOS E PROGRAMAS NOS VÁRIOS ESTADOS MEMBROS	15
4. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM PORTUGAL	21
5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR NA AGLOMERAÇÃO PORTO LITORAL	27
5.1. LOCALIZAÇÃO ESPAÇO – TEMPORAL	27
5.2. CARACTERIZAÇÃO SÓCIO-ECONÓMICA DA APL	31
5.3. CARACTERIZAÇÃO DE EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS	37
5.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS DE QUALIDADE DO AR DA AGLOMERAÇÃO PORTO LITORAL	43
5.5. ANÁLISE METEOROLÓGICA	61
5.6. EMISSÕES NATURAIS – INCÊNDIOS	71
6. ESTRATÉGIAS DE GESTÃO PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS E PROGRAMAS NA AGLOMERAÇÃO PORTO LITORAL	73
7. CONCLUSÃO	81
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estratégia legislativa de qualidade do ar na União Europeia.....	3
Figura 2: Resultados da modelação para os parâmetros definidos na legislação para o NO ₂ para o ano de 2001.....	22
Figura 3: Resultados da modelação para os parâmetros definidos na legislação para o CO para o ano de 2001.....	23
Figura 4: Resultados da modelação para os parâmetros definidos para protecção de saúde humana para o SO ₂ para o ano de 2001.....	24
Figura 5: Resultados da modelação para os parâmetros definidos para protecção de ecossistemas para o SO ₂ para o ano de 2001.....	24
Figura 6: Resultado da modelação para o valor limite AOT40 definido na legislação para o O ₃ para o ano de 2001.....	25
Figura 7: Identificação da Aglomeração Porto Litoral em Portugal Continental.....	28
Figura 8: Identificação dos concelhos e freguesias da Aglomeração PL.....	28
Figura 9: Representação espacial das estações de Rede de Monitorização de Qualidade do Ar da Aglomeração Porto Litoral.....	30
Figura 10: Densidade Populacional da APL.....	32
Figura 11: PIB per capita na Região Norte e nas sub-regiões em 2001 (Fonte: Contas Regionais, INE)	34
Figura 12: Estrutura do VAB por sectores – Portugal, Região Norte, Grande Porto e Entre Douro e Vouga, para 2001. (Fonte: Contas Regionais 1995-2002, INE).....	34
Figura 13: Contribuições regionais para o VAB Nacional por sectores, para 2001. (Fonte: Contas Regionais 1995-2002, INE).....	35
Figura 14: Distribuição do VAB na Região Norte (Fonte: Contas Regionais 1995-2002, INE).....	36
Figura 15: Localização das principais fontes em linha na Aglomeração Porto Litoral.....	37
Figura 16: Localização das principais fontes pontuais na Aglomeração Porto Litoral.....	37
Figura 17: Distribuição espacial das emissões em área de NO _x do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.....	39
Figura 18: Distribuição espacial das emissões em área de NO _x , excepto o tráfego.....	39
Figura 19: Distribuição espacial das emissões em área de CO do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.....	40
Figura 20: Distribuição espacial das emissões em área de CO, excepto o tráfego.....	40
Figura 21: Distribuição espacial das emissões em área dos COV do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.....	40

Figura 22: Distribuição espacial das emissões em área de COV, excepto o tráfego	40
Figura 23: Distribuição espacial das emissões em área do SO ₂ , excepto tráfego	41
Figura 24: Distribuição espacial das emissões de SO ₂ do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.....	41
Figura 25: Distribuição espacial das emissões totais de PM ₁₀	42
Figura 26: Distribuição espacial das emissões totais de PM _{2.5}	42
Figura 27: Eficiência das estações de qualidade do ar da APL entre 1995 a 2003.....	44
Figura 28: Representação gráfica da evolução da média anual de NO ₂ obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.....	45
Figura 29: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do NO ₂ em Custóias de 1999 a 2003.	45
Figura 30: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do NO ₂ em Ermesinde de 2000 a 2003.	45
Figura 31: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do NO ₂ em Leça do Balio de 2000 a 2003.	46
Figura 32: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do NO ₂ em V.N. da Telha de 1999 a 2003.	46
Figura 33: Representação gráfica da evolução da média anual de CO com base octo-horária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.....	47
Figura 34: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do CO em Custóias de 1999 a 2003.	47
Figura 35: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do CO em Leça do Balio de 2000 a 2003.	47
Figura 36: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do CO em V.N. da Telha de 1999 a 2003.	47
Figura 37: Representação gráfica da evolução da média anual de SO ₂ com base diária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.	48
Figura 38: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do SO ₂ em Custóias de 1999 a 2003.	48
Figura 39: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do SO ₂ em Ermesinde de 2000 a 2003.	48
Figura 40: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do SO ₂ em Leça do Balio de 1999 a 2003.	49
Figura 41: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do SO ₂ em V.N. da Telha de 1999 a 2003.	49
Figura 42: Representação gráfica da evolução da média anual de O ₃ com base horária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.	49
Figura 43: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do O ₃ em Custóias de 1999 a 2003.	50

Figura 44: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do O ₃ em Ermesinde de 2000 a 2003.....	50
Figura 45: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do O ₃ em Leça do Balio de 1999 a 2003.....	50
Figura 46: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do O ₃ em V.N. da Telha de 1999 a 2003.....	50
Figura 47: Representação gráfica da evolução da média anual de PM ₁₀ com base diária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.....	50
Figura 48: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do PM ₁₀ em Custóias de 1999 a 2003.....	51
Figura 49: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do PM ₁₀ em Ermesinde de 2000 a 2003.....	51
Figura 50: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do PM ₁₀ em Leça do Balio de 1999 a 2003.....	51
Figura 51: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana do PM ₁₀ em V.N. da Telha de 1999 a 2003.....	51
Figura 52: Número de excedências ao Valor Limite, numa base diária, de 2001 a 2003	53
Figura 53: Número de excedências ao Valor Limite + Margem de Tolerância, numa base diária, de 2001 a 2003.....	54
Figura 54: Número de excedências ao Valor Limite e Valor Limite + Margem de Tolerância, numa base anual, de 2001 a 2003	54
Figura 55: Evolução temporal das concentrações médias diárias de PM ₁₀ em 2003.....	55
Figura 56: Representação gráfica da correlação entre PM ₁₀ e CO e PM ₁₀ e NO nas estações de tráfego da AMP.....	56
Figura 57: Correlação entre PM ₁₀ e CO e PM ₁₀ e NO nas estações de fundo da AMP.....	56
Figura 58: Representação gráfica da correlação entre PM ₁₀ e CO e CO e NO e o n.º de excedências de PM ₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação das Antas.....	57
Figura 59: Representação gráfica da correlação entre PM ₁₀ e NO na estação das Antas	57
Figura 60: Representação gráfica da correlação entre PM ₁₀ e CO e CO e NO e o n.º de excedências de PM ₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação da Boavista.....	59
Figura 61: Representação gráfica da correlação entre PM ₁₀ e CO e CO e NO e o n.º de excedências de PM ₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação da S. da Hora.	59
Figura 62: Representação gráfica da correlação entre PM ₁₀ e NO na estação das S. da Hora.....	60
Figura 63: Representação gráfica da correlação entre CO e PM ₁₀ e CO e NO e o n.º de excedências de PM ₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação de Vermoim	60
Figura 64: Representação gráfica da correlação entre CO e PM ₁₀ e CO e NO e o n.º de excedências de PM ₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação de Espinho.....	61
Figura 65: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Antas e a temperatura em Janeiro de 2003.	64

Figura 66: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Antas e a temperatura em Junho e Julho de 2003.	64
Figura 67: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ e Custóias e a temperatura em Janeiro de 2003.	64
Figura 68: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Custóias e a temperatura em Junho e Julho de 2003.	64
Figura 69: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ de Espinho e a temperatura em Janeiro de 2003.	64
Figura 70: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Espinho e a temperatura em Junho e Julho de 2003.	64
Figura 71: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Antas e a Humidade Relativa em Janeiro de 2003.	65
Figura 72: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Antas e a Humidade Relativa em Junho e Julho de 2003.	65
Figura 73: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ e Custóias e a Humidade Relativa em Janeiro de 2003.	65
Figura 74: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Custóias e a Humidade Relativa em Junho e Julho de 2003.	65
Figura 75: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ de Espinho e a Humidade Relativa em Janeiro de 2003.	65
Figura 76: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Espinho e a Humidade Relativa em Junho e Julho de 2003.	65
Figura 77: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Antas e a velocidade em Janeiro de 2003.	66
Figura 78: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Antas e a velocidade em Junho e Julho de 2003.	66
Figura 79: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ e Custóias e a velocidade do vento em Janeiro de 2003.	67
Figura 80: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Custóias e a velocidade do vento em Junho e Julho de 2003.	67
Figura 81: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ de Espinho e a velocidade do vento em Janeiro de 2003.	67
Figura 82: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ das Espinho e a velocidade do vento em Junho e Julho de 2003.	67
Figura 83: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ de Antas e a direcção do vento em Janeiro de 2003.	68
Figura 84: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ de Custóias e a direcção do vento em Janeiro de 2003.	68
Figura 85: Correlação entre as concentrações de PM ₁₀ de Espinho e a direcção do vento em Janeiro de 2003.	69

Figura 86: Evolução da concentração média diária de CO e PM ₁₀ de 10 a 17 de Janeiro de 2003, na estação das Antas.....	69
Figura 87: Evolução da concentração média diária de CO e PM ₁₀ de 10 a 17 de Janeiro de 2003, na estação de Custóias.....	69
Figura 88: Evolução da concentração média diária de CO e PM ₁₀ de 10 a 17 de Janeiro de 2003, na estação de Espinho.....	70
Figura 89: Retrotrajectória para 5 de Setembro de 2001	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Formulários que deverão ser enviados à CE	9
Tabela 2: Área total dos concelhos que pertencem à APL	28
Tabela 3: Classificação das estações.....	31
Tabela 4: Distribuição da população e área total da Região Norte. (Fonte: censos 2001, INE)	33
Tabela 5: Eficiências dos vários analisadores por estação de monitorização de qualidade do ar para o período de 2001-2003.....	52
Tabela 6: Dias de excedências ao VL, em 2001 e 2002 que coincidem com a ocorrência de incêndios.	71

1. Introdução

A gestão da qualidade do ar assenta num conjunto de medidas e estratégias que se destinam sobretudo ao controlo das fontes e das suas emissões prevenindo assim a poluição atmosférica. Mas esse controlo não se pode fazer à custa da simples abolição das emissões. Esta medida levaria, numa sociedade como a nossa, cujo estilo de vida tanto depende das actividades antropogénicas, a uma transformação que descaracterizaria essa mesma sociedade.

Com a gestão da qualidade do ar pretende-se promover sempre uma melhor qualidade do ar possível, promovendo, assim, a saúde pública, a protecção e o bem-estar da população e a melhoria de uma qualidade de vida.

Se não se pode abolir simplesmente as emissões é, então, importante encontrar alternativas, equacionando uma forma de utilizar a capacidade de carga dos ecossistemas naturais, que através de processos físicos, químicos e biológicos que lhes são inerentes, são capazes de só por si eliminar quantidades não negligenciáveis de poluentes e conduzirem a uma homeostasia do ambiente (Lopes, 2005).

Melhorar a qualidade do ar passa pela relação entre a redução de emissões e/ou o desenvolvimento de novas tecnologias que visem em última instância, atingir esse mesmo objectivo. Para tal, concorrem ainda o Planeamento Urbano e Ordenamento do Território, pela sua importância na distribuição espacial das fontes e ainda na sensibilização das populações, tão importante esta, para uma mudança no seu estilo de vida que conduza a um melhor bem-estar global.

Na multidisciplinaridade necessária ao estudo da qualidade do ar, tornam-se necessárias estratégias de gestão de qualidade do ar e de prevenção da poluição atmosférica que constituem no seu todo um longo processo político que se iniciou em 1972, quando os Chefes de Estado e de Governo dos Estados-Membros (EM) da União Europeia (UE) declaram que “a expansão económica não é um fim em si mesmo... Deve dar origem a uma melhoria de qualidade e do nível de vida” e se concretizou nos anos 90 ao ser assumido que o principal desafio que se lhes colocava se situava no “desenvolvimento sustentável” da União Europeia.

Face a esta situação, a Comissão tomou em conta essa perspectiva na preparação do Quinto Programa de Acção em matéria de Ambiente. Tal documento foi concebido como uma estratégia e um programa

de acção ambiental. Em Julho de 2002, surge o Sexto Programa Comunitário de Acção em matéria de Ambiente (Decisão n.º 1600/2002/CE), que identificou quatro áreas prioritárias das quais se salienta “ambiente, saúde e qualidade de vida”. Este programa pretende assegurar um elevado nível de protecção, tendo em conta o princípio da subsidiariedade e a diversidade das várias regiões e alcançar uma dissociação entre as pressões ambientais e o crescimento económico, proporcionando um ambiente em que o nível de poluição não provoque efeitos nocivos na saúde humana e no ambiente, contribuindo assim, para um elevado nível de qualidade de vida para os cidadãos. Como este programa pretende, entre outras estratégias temáticas, reforçar uma política coerente e integrada em matéria de poluição atmosférica, desenvolveu-se um Programa “Ar Limpo para a Europa” (“Clean Air for Europe”, CAFE) (COM (2001) 245) para reforçar as ligações entre a investigação e a política e integrar num único programa toda a política comunitária para a qualidade do ar, sendo os principais objectivos desenvolver, recolher e validar informações científicas relativas aos efeitos da poluição ambiente, bem como apoiar a aplicação e analisar a eficácia da legislação existente. É também sua função assegurar as medidas necessárias ao cumprimento dos objectivos de qualidade do ar e que estes sejam implementados pelos vários Estados Membros. Dentro duma estratégia global integrada, deve-se, contudo definir objectivos de qualidade do ar adequados para o futuro, pensando que as medidas implementadas deverão cumprir uma aceitável relação custo/eficácia.

É de salientar que este programa dá importante relevo à divulgação das informações técnicas e políticas relativas à execução do programa, tornando o contributo da ciência e da política transparente e envolvendo de forma cooperante organizações internacionais.

O CAFE tem também uma comunicação privilegiada com outros grupos de trabalho que tenham implicações nesta temática, nomeadamente com a Convenção sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância (CLRTAP) de forma a harmonizar o trabalho de análise técnica realizado por ambos os programas, evitando a duplicação de trabalho.

Uma importante tarefa deste Programa é analisar a Poluição Atmosférica como um todo e não dividida em sectores. Avaliar, assim, de forma global, como seriam os impactos, os custos e os benefícios de despoluir o ar, quer para a saúde, quer para o ambiente, se forem seguidas diferentes opções políticas.

O objectivo principal é assim aprender com a experiência passada e propor e desenvolver novas políticas mais efectivas. Antes de sugerir novas políticas ou medidas no quadro das estratégias futuras é essencial avaliar as políticas e os instrumentos existentes ao nível da União Europeia, ao nível dos países individualmente, regional e mesmo localmente.

Apesar do interesse em melhorar a qualidade do ambiente ser um sentimento geral da população, o desenvolvimento económico é uma prioridade da política nacional que nem sempre é fácil coordenar com os interesses ambientais. Neste sentido, as autarquias detêm um papel importante na implementação de políticas e medidas, assim como na sensibilização da população e das pequenas e médias empresas, na medida em que são os órgãos de poder mais próximos daquelas e que à escala local, podem produzir alterações significativas. Assim, os planos desenvolvidos no âmbito de iniciativas ligadas às Agendas 21 Locais e Planos Municipais de Ambiente (PMA) são instrumentos importantes a ter em conta na elaboração de Planos de Gestão de Qualidade do Ar (Lopes, 2005).

A estratégia legislativa da União Europeia assenta nos sucessivos Programas Comunitários de Acção em matéria de Ambiente, que se desenvolve a partir de quatro vectores legislativos fundamentais, como está patente no diagrama da Figura 1:

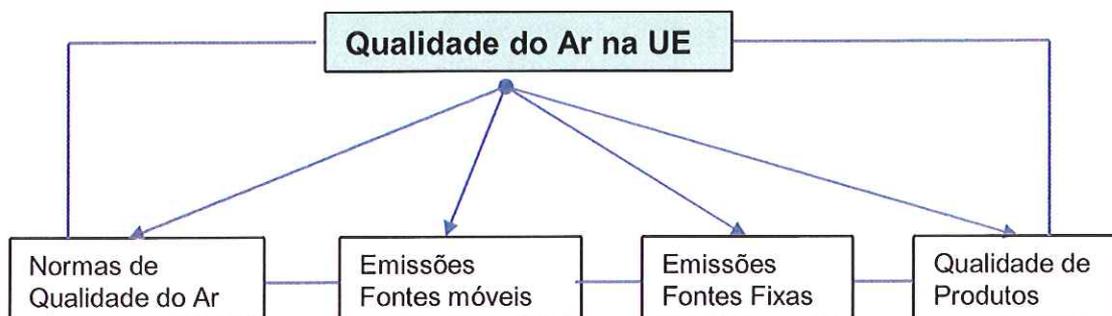


Figura 1: Estratégia legislativa de qualidade do ar na União Europeia

Pelo facto de Portugal ser um dos Estados Membros da UE, a política de Gestão de Qualidade do Ar (GQAr), centra-se fundamentalmente à volta da política Comunitária, baseando-se sobretudo nos instrumentos de comando e controlo. A legislação nacional contempla um conceito basilar que consiste no facto do responsável por determinada emissão de poluente ser também o responsável na implementação de medidas para a sua mitigação, o que vai ao encontro do princípio do poluidor pagador. Contudo o que se verifica actualmente e na prática é a aplicação de sanções em casos de incumprimento, o que desvirtua a essência desse conceito legislativo.

Pelo facto da poluição atmosférica abranger uma série de sectores de actividade económica, existe a necessidade de articular os diferentes objectivos com as várias políticas sectoriais. Actualmente, acabam por existir vários instrumentos de combate à poluição atmosférica e portanto à própria gestão de qualidade do ar. Desta forma, os principais impulsionadores do quadro regulador europeu da poluição atmosférica são os seguintes:

- Os protocolos da Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância (UNECE);
- O Programa Europeu para as Alterações Climáticas (PEAC);
- O programa auto/oil que estipula as normas de qualidade dos veículos e do combustível;
- A Directiva 1999/13/CE do Conselho, de 11 de Março, designada por directiva dos compostos orgânicos voláteis (COV), relativa à limitação das emissões dos COV que resultam da utilização de solventes orgânicos em certas actividades e instalações. Visa, esta directiva, em particular, reduzir os efeitos da poluição fotoquímica e foi já transposta para a legislação nacional pelo D.L. n.º 241/2001, de 31 de Agosto;
- A Directiva 2001/81/CE do Conselho, de 23 de Outubro de 2001, relativa ao estabelecimento de valores-limite nacionais de emissão de 4 poluentes: dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de azoto (NO_x), COV e amoníaco (NH₃) – responsáveis pelos fenómenos de acidificação, eutrofização e formação de ozono troposférico. Esta Directiva obriga Portugal, para cumprir esse objectivo, a desenvolver um Programa para os Tectos de Emissão Nacional (PTEN);
- A Directiva 96/61/CE do Conselho, de 24 de Setembro de 1996, relativa à prevenção e controlo integrados da poluição num conjunto alargado de actividades económicas, que veio introduzir normas mais restritivas a uma série de instalações, introduzindo uma licença ambiental integrada. Esta licença ambiental visa aplicar um princípio que já estava consagrado aquando da publicação da Lei de Bases do Ambiente (Lei n.º 11/87, de 7 de Abril). Foi transposta pelo Decreto-Lei n.º 194/2000, de 21 de Agosto, que define as medidas destinadas a evitar ou, quando tal não for possível, a reduzir as emissões dessas actividades para o ar, a água ou o solo, para além da prevenção e controlo do ruído e a produção de resíduos. O intuito do Decreto-lei é alcançar um nível elevado de protecção do ambiente no seu todo. A implicação deste diploma legal, do ponto de vista de emissões atmosféricas, é relevante, dado não se aplicar só a novas instalações mas também a instalações já existentes, podendo assim assumir-se como um factor de diminuição das concentrações de poluentes atmosféricos (especialmente NO_x e SO₂);
- A Directiva 2000/76/CE, de 4 de Dezembro de 2000, relativa à incineração de resíduos e a Directiva 2001/80/CE, de 23 de Outubro de 2001, relativa à limitação das emissões para a atmosfera de certos poluentes provenientes de grandes instalações de combustão (GIC).

Ambas pretendem dar resposta aos objectivos fixados por Programas de Acção da Comunidade Europeia de política e acção em matéria de ambiente e desenvolvimento sustentável que determinam “a não excedência de níveis e cargas críticas de certos poluentes, bem como em termos de qualidade do ar, visando uma protecção efectiva de todas as pessoas contra os riscos sanitários reconhecidos, ligados à poluição atmosférica.”

Como o controlo das emissões de poluentes atmosféricos passa também pelo controlo da qualidade de determinados produtos, existe legislação importante que se tem desenvolvido no sentido de controlar essa mesma qualidade. Há assim:

- A Directiva 98/69/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de Outubro de 1998 relativa às medidas a tomar contra a poluição do ar pelas emissões provenientes dos veículos a motor;
- A Directiva 1999/32/CE do Conselho, de 26 de Abril de 1999, relativa à redução do teor de enxofre de determinados combustíveis líquidos. A presente directiva tem por objectivo reduzir as emissões de dióxido de enxofre resultantes da combustão de certos tipos de combustíveis líquidos e minorar, assim, os efeitos nocivos destas emissões no homem e no ambiente e foi já transposta para o direito nacional pelo D.L. 281/2000;
- A Directiva 1999/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de Dezembro de 1999, relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes às medidas a tomar contra a emissão de gases e partículas poluentes provenientes dos motores de ignição por compressão utilizados em veículos e a emissão de gases poluentes provenientes dos motores de ignição comandada, alimentados a gás natural ou a gás de petróleo liquefeito utilizados em veículos.

Após ter-se descrito a legislação que regula a Poluição Atmosférica segue-se à exposição da legislação que regula a qualidade do ar. Ao nível nacional é de destacar, como primeiro passo importante e, com impacto na política de ambiente, a Lei de Bases de Ambiente, Lei n.º 11/87, de 7 de Abril. Este documento é estratégico e surge com a entrada de Portugal na então Comunidade Económica Europeia, actual UE, e que obriga o país, desde então, à adopção de novos diplomas agora que existem Directivas Comunitárias a cumprir.

Em 1990 o D.L. 352/90, de 9 de Novembro, veio regulamentar a protecção do ar e é constituído por dois instrumentos essenciais: normas de qualidade do ar e valores limites de emissão para as actividades industriais. É, então, com este diploma que se estabelecem pela primeira vez normas de qualidade do

ar, tão importantes como valores-guia e valores-limite para alguns poluentes atmosféricos. É também com ele que se estabelecem os valores limite de emissão para vários poluentes atmosféricos originados na actividade industrial. Este D.L. n.º352/90 foi regulamentado pela Portaria n.º 286/93, de 12 de Março que fixou esses valores.

No entanto, devido às numerosas iniciativas regulamentares que foram surgindo, que visam reduzir e controlar os níveis de determinados poluentes atmosféricos, tornou-se premente uma revisão à legislação nacional relativa às normas de emissão de poluentes para a atmosfera. Resulta, então, a revogação do Decreto-lei 352/90, de 9 de Novembro e surge o Decreto-lei 78/2004, de 3 de Abril, que pretende enquadrar todas as políticas transversais em matéria de prevenção da poluição atmosférica. De momento, aguarda-se a publicação da portaria que visa regulamentar este D.L. e que deverá solucionar uma série de questões que têm sido identificadas na legislação já revogada (Borrego *et al.*, 2000; Borrego *et al.*, 2003).

A política de Qualidade do Ar foi alvo de uma profunda renovação com a entrada em vigor, da Directiva n.º 96/62/CE, do Conselho, de 27 de Setembro, Directiva Quadro da Qualidade do Ar. Esta directiva institui um novo quadro em matéria de gestão da qualidade do ar, introduzindo uma nova orientação neste domínio. Nela são agora definidos valores limites e estes são direccionados sectorialmente para a protecção da saúde humana, ecossistemas ou vegetação. Esta Directiva foi transposta para a legislação nacional pelo D.L. n.º 276/99.

A Directiva Quadro define os princípios básicos duma estratégia comum estabelecendo objectivos para a qualidade do ar ambiente, a fim de evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos sobre a saúde humana e sobre o ambiente na globalidade. Pela primeira vez surge a preocupação de não só avaliar a qualidade do ar com base em métodos e critérios comuns, mas dispor de informação adequada sobre a qualidade do ar ambiente e proceder à sua divulgação pública, designadamente através de limiares de informação e alerta. Revela ainda a preocupação pela preservação da qualidade do ambiente quando esta é boa e o seu melhoramento nos outros casos.

A Directiva Quadro é acompanhada pelas Directivas Filhas que têm o objectivo de harmonizar e detalhar a gestão e avaliação da qualidade do ar dos vários Estados Membros. Estas definem objectivos ambientais concretos em termos de valores limite, limiares de informação e alerta, valores e objectivos a atingir a longo termo. Fornecem assim, informação concreta e requisitos para avaliação da qualidade do ar, nomeadamente regime de avaliação, determinação de excedências, métodos de avaliação, dados

objectivos de qualidade e também requisitos de informação ao público. Já foram publicadas as quatro Directivas Filhas:

- A Directiva 1999/30/CE, relativa ao SO₂, NO₂ e NO_x, PM e chumbo (Pb) no ar ambiente;
- A Directiva 2000/69/CE, relativa ao benzeno (C₆H₆) e o CO;

Ambas as directivas estão consagradas no direito nacional pelo D.L. n.º 111/2002

- A Directiva 2002/3/CE relativa ao ozono, transposta para a ordem jurídica interna pelo D.L. n.º 320/2003;

E ainda

- A Directiva 2004/107/CE, relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente.

Esta Directiva terá que ser transposta pelos vários EM até 15 de Fevereiro de 2007.

O conceito subjacente às Directivas Filhas é permitir atingir determinados objectivos ambientais, expresso em valores limites (VL) a cumprir em 2005 e 2010. Assim, se os níveis excederem determinado VL mais uma margem de tolerância (MT) que vai sofrendo redução gradual, os Estados Membros são obrigados a apresentar "Planos e Programas" que definam estratégias para alcançar os VL definidos.

É neste contexto que em Portugal deveriam existir Planos e Programas (PP) orientados para a diminuição das ultrapassagens do VL, mas constata-se que tal não tem vindo a acontecer em tempo oportuno, tendo os primeiros PP sido elaborados apenas no corrente ano, 2005. De forma a melhor perceber este novo conceito de Planos e Programas, no segundo capítulo é feita uma abordagem numa perspectiva de melhor entender a sua importância e de que forma se deverá desenvolver uma metodologia para a sua elaboração.

Como no âmbito do programa CAFE se têm organizado vários encontros para discutir o estado da qualidade do ar dos vários Estados Membros, considera-se pertinente no terceiro capítulo apresentar o estado da arte possibilitando uma percepção sobre as questões relacionadas com a qualidade do ar, sobre a sua semelhança nos vários países e ainda avaliar as diferentes abordagens a esses problemas.

No quarto capítulo é feita uma avaliação da Qualidade do Ar em Portugal de forma a permitir identificar quais as Regiões e poluentes mais críticos.

O quinto capítulo apresenta o caso de estudo da Aglomeração Porto Litoral avaliando a ultrapassagem dos vários parâmetros monitorizados na Rede de Qualidade do Ar. Depois deste capítulo torna-se pertinente a discussão e a proposta de algumas estratégias de gestão para a elaboração do PP na Aglomeração Porto Litoral que integra, então, o sexto capítulo deste trabalho.

Finalmente, no último capítulo são apresentadas as conclusões deste trabalho assim como algumas propostas para trabalhos futuros, no sentido de melhor entender os fenómenos de poluição atmosférica na Aglomeração Porto Litoral.

2. Planos e Programas – Definição

A Directiva Quadro da Qualidade do Ar estipula, no ponto 3 do artigo 8º, que os Estados Membros (EM) devem elaborar e implementar Planos e Programas nas áreas em que os níveis de um ou mais poluentes são superiores ao valor-limite acrescido da margem de tolerância ou ao valor-limite quando a margem de tolerância não tenha sido fixado ou não se aplique.

A Directiva 2002/3/CE relativa ao O₃ introduz uma filosofia que não é semelhante às Directivas-Filhas anteriores, pois não define VL mas objectivos de longo prazo, sob a forma de valores-alvo a aplicar no ano de 2010. Não existe igualmente MT, esperando a CE que o cumprimento dos valores-alvo seja um reflexo natural da diminuição das emissões de poluentes precursores (como sejam os óxidos de azoto e os COV). Desta forma, os PP não contemplam este poluente, mas apenas os poluentes legislados nas duas primeiras Directivas Filhas.

Os Planos e Programas para além de terem que ser divulgados ao público, terão de ser reportados à Comissão Europeia, no prazo de dois anos após o final do ano em que se registaram as excedências ao VL + MT, de acordo com a Decisão da Comissão 2004/224/CE, de 20 de Fevereiro, [C(2004) 491] da qual constam vários formulários, com se pode ver na Tabela 1.

Tabela 1: Formulários que deverão ser enviados à CE

Formulário	Objectivo
1	Informações gerais sobre os planos ou programas.
2	Descrição da excedência ao VL.
3	Análise das causas de excedência do VL no ano de referência.
4	Descrição do nível de base para as situações em que o VL + MT foi excedido.
5	Descrição das medidas adicionais às já previstas na legislação em vigor. Só deve ser preenchido se a análise do nível de base revelar que não é expectável o cumprimento dos VL com as medidas já previstas.
6	Medidas possíveis que não foram ainda adoptadas e medidas a longo prazo.
7	Resumo das medidas constantes de cada PP.

Estes formulários surgem da necessidade de ter uma informação completa, sintetizada e em formato semelhante entre todos os EM que a CE terá de recolher, para que esta última possa aferir se cada EM

está a implementar as estratégias necessárias de forma a cumprir com os VL definidos nas Directivas Filhas que já foram publicadas. Por outro lado, a estrutura dos PP deve ser flexível para permitir a melhor adaptação possível às situações locais, e por isso, pode em algumas situações específicas, como em casos em que a poluição não é de âmbito regional, haver interesse em desenvolver PP locais ou regionais. Podendo, assim, os PP serem definidos a nível local, regional ou nacional. Nesses casos, o Grupo de Trabalho de Implementação [Commission Working Group on Implementation, 2003] recomenda que seja feita uma distinção entre os PP regionais ou nacionais e a informação que deve ser enviada à Comissão. Para serem eficientes têm que ser detalhados, adaptados às condições locais e deverão envolver os dirigentes locais na fase de desenvolvimento e implementação.

Após a identificação das zonas e aglomerações em que os níveis de um ou mais poluentes superam o valor-limite acrescido da margem de tolerância, os EM devem garantir que seja elaborado e aplicado um plano ou programa destinado a fazer cumprir o VL no prazo fixado e abrangendo todos os poluentes em questão, constituindo este, uma das principais ferramentas para a melhoria da qualidade do ar ambiente. No caso de ocorrerem situações em que seja demonstrado que as excedências ao VL + MT se devem a causas naturais não é exigida a elaboração de planos.

Da conjugação do DL 276/99 com o DL 111/2002 resulta que a elaboração e aplicação de PP só se destina a fazer cumprir os valores-limite para a protecção da saúde humana nos prazos fixados (2005 para o SO₂, Pb e PM₁₀ e 2010 para o NO₂ e NO_x), uma vez que para a protecção da vegetação e ecossistemas os VL são de cumprimento obrigatório desde 19 de Julho de 2001.

É de salientar que a existência da MT assenta em dois pressupostos:

- Introduzir o tempo considerado necessário à implementação de medidas para melhorar a qualidade do ar, de maneira a cumprir de uma forma progressiva o valor-limite na data fixada no Decreto-Lei n.º 111/2002, de 16 de Abril;
- E, na aplicação progressiva das políticas e medidas complementares que já estão actualmente em curso e, que reflectirão a tendência decrescente das concentrações de poluentes.

Na prática, o estabelecimento da MT evita que os EM desenvolvam medidas adicionais, para além das que já estão a ser implementadas e/ou planeadas quer a nível nacional quer a nível regional, em áreas, zonas ou aglomerações nas quais se prevê que as concentrações, seguindo a tendência decrescente dos últimos anos, estejam abaixo do VL no ano em que este entre em vigor. Para as áreas em franca expansão em termos residenciais, serviços ou industriais, os pressupostos da MT podem,

eventualmente, não ser realistas, podendo ser expectável um aumento das concentrações, mesmo com a aplicação das medidas já aprovadas. Este tipo de situações pode até acontecer em locais que não tenham sequer ultrapassado o VL+MT. Estes casos estão contemplados no ponto 1 e 3 do artigo 7.º da Directiva Quadro quando se refere que os “EM tomarão as medidas necessárias para garantir a observância dos valores-limite” e que “ os EM devem estabelecer planos de acção imediata para os casos de risco de ultrapassagem dos valores-limite e/ou dos limiares de alerta, a fim de reduzir o risco de ultrapassagem e limitar a sua duração”. Embora a Directiva Quadro não requeira um PP, salvaguarda a implementação de medidas adicionais com vista a atingir os respectivos VL nas datas de entrada em vigor. Por este motivo o Grupo de Trabalho de Implementação [Commission Working Group on Implementation, 2003] recomenda que a análise da actual e futuras excedências seja feita com base no VL e não VL+MT.

Pode ser elaborado apenas um PP que inclua vários relatórios ou várias situações de excedência, no entanto, cada uma destas situações necessita de ser descrita individualmente dentro do PP. Tal como especificado no artigo 8.4 da Directiva Quadro, sempre que mais do que um poluente ultrapasse o VL, os EM devem providenciar um plano integrado que cubra todos esses poluentes.

A Comissão Europeia verificará de 3 em 3 anos a aplicação dos planos ou programas apresentados, examinando, não só, os progressos alcançados e as tendências da poluição atmosférica, mas também verificando se houve mudanças que não estavam previstas nos planos devido a um aumento dos níveis de poluição. Assim, o grupo de trabalho acima referido, recomenda que seja feito um cronograma para a implementação das medidas com metas quantificáveis para mudanças em actividades poluidoras que poderão ser afectadas por tais medidas.

Conteúdo de um Plano e Programa

Atendendo ao estipulado no DL n.º 276/99, de 23 de Julho e à Decisão da Comissão 2004/224/CE, de 20 de Fevereiro, que estabelece o regime a aplicar na apresentação de informações sobre os PP, a informação a incluir neles deve, no mínimo, ser a que consta do Anexo IV do referido Decreto-Lei, que se encontra no Anexo I deste trabalho.

Um PP deve incluir a localização da ultrapassagem tendo em conta a representatividade dos diferentes tipos de estação (e.g. uma estação de fundo deve ser representativa de uma determinada aglomeração e uma estação de *hot-spot* representativa apenas do local onde está instalada). No PP interessa caracterizar a região (urbana, rural ou industrial), porque consoante o tipo de zona é possível caracterizar a área poluída e a população que se expõe a essa poluição permitindo criar alternativas de

mitigação e conseqüentemente protecção das populações. Um dos instrumentos importantes nesta fase de avaliação consiste num eficaz mapeamento da aglomeração em estudo, que permite rapidamente reconhecer as diferenças entre as várias zonas da aglomeração. Na fase das informações gerais é importante ter disponível: dados climáticos e topográficos, dada a sua importância para perceber a dispersão dos poluentes atmosféricos.

O conhecimento e a análise do histórico da zona ou aglomeração em termos da qualidade do ar, quando existentes, são essenciais para uma melhor interpretação dos fenómenos associados à ultrapassagem dos VL. Deve assim ser feita uma avaliação das concentrações registadas em anos anteriores e que inclua o ano de início do PP.

Para além disso é importante conhecerem-se quais as técnicas utilizadas na avaliação da qualidade do ar já que não é indiferente se esses valores resultam de modelação ou analisadores automáticos ou passivos. É também imprescindível conhecer as fontes de emissão e a quantidade total das emissões provenientes dessas fontes, ou seja, usar sempre que exista um inventário actualizado da região, para assim se partir para a correcta interpretação da evolução do comportamento dos vários poluentes atmosféricos.

A partir destes dados está-se em condições de realizar uma análise da situação que inclua uma interpretação dos fenómenos de ultrapassagem do VL. O conhecimento do transporte de poluentes, incluindo poluição transfronteiriça, pode tornar exigíveis tomadas de posição de cooperação internacional. Se, no entanto, os níveis de qualidade do ar de determinada região provêm essencialmente da emissão de fontes aí existentes, o PP ficará circunscrito a planos de carácter regional ou local.

Ainda, para a correcta aplicação de um PP deverá ser sempre feita uma avaliação das actuais políticas que podem levar à diminuição das emissões dos poluentes cujas concentrações no ar ambiente os PP pretendem reduzir, evitando assim duplicação de trabalho ou repetição de erros. Destas políticas destacam-se o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), o Programa para os Tectos de Emissão Nacional (PTEN) e a Prevenção e Controlo Integrados de Poluição (PCIP).

Após analisado o histórico de dados das estações e avaliadas as excedências ao VL, está-se, então, em condições de partir para o estudo de medidas cuja implementação resulte na diminuição das ultrapassagens do VL. Na análise da situação é recomendável discutir o comportamento dos vários poluentes atmosféricos em simultâneo, assim como as condições meteorológicas de uma forma

integrada. Para além disso, é conveniente avaliar os níveis de fundo regional e de fundo total para melhor entender a contribuição das fontes

O nível de fundo regional é o nível estimado na ausência de fontes num raio da ordem dos 30 km. O nível de fundo total é o nível estimado na ausência de fontes significativas num raio de cerca de 5 km e na ausência de fontes de pouca importância, num raio de cerca de 300 m. Este último inclui o nível de fundo regional. Numa cidade, o nível de fundo total é o nível de fundo urbano, isto é, o nível que ocorreria na ausência de fontes significativas na proximidade imediata. Já numa zona rural, o nível de fundo total é praticamente equivalente ao nível de fundo regional [Boavida *et al*, 2004].

Convém referir que na Região Norte, onde é realizado o caso de estudo deste trabalho, não são conhecidos os níveis de fundo prévio ao ano de referência da elaboração do PP. Actualmente, a Rede de Qualidade do Ar da Região Norte já tem duas estações de fundo regional, a funcionar desde 2004.

Outros elementos importantes a ter em conta são o VL e a MT e ainda a determinação do cenário base, significando este a previsão das concentrações para o futuro, sem que se implemente nenhuma medida adicional, e tendo apenas em consideração as medidas e programas de melhoria da qualidade do ar que já se encontram em curso.

É de salientar que a previsão da concentração de base no local de excedência requer o cálculo através de modelos, onde sejam tomadas em consideração os futuros níveis de fundo (regional e total) e as contribuições das fontes emissoras.

Contudo, existem sempre imponderáveis, associados quer à acção antropogénica quer às flutuações meteorológicas imprevisíveis e que assim influenciam o cenário base. Por todos estes motivos, o grau de incertezas associadas às estimativas é factor a ter em consideração na elaboração dos PP.

Faz parte da elaboração destes planos a estimativa da qualidade do ar que resulte da aplicação das medidas que foram enumeradas, descritas e calendarizadas previamente. Esta calendarização deve sempre obedecer a uma hierarquização de importância das medidas a implementar para a melhoria de qualidade do ar, sem esquecer a relação custo eficácia.

Não se pode deixar de referir que qualquer PP tem uma autoridade responsável pelo seu desenvolvimento e aplicação e que esta deve ser absolutamente clara. A aplicação destes PP é interdisciplinar e se as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR's) são as entidades responsáveis pelo desenvolvimento dos PP, a aplicação das medidas, muitas vezes não está apenas dependente desta, mas também das autarquias ou mesmo da Direcção Geral de Viação (DGV),

quando estas passam por questões de tráfego rodoviário ou se são medidas que envolvem a indústria deve implicar as várias associações industriais ou mesmo a Direcção Geral da Indústria (DGI).

Assim, quando são definidas as medidas de mitigação num plano, estas devem ser hierarquizadas por forma a ficar explícito quais as entidades responsáveis pela implementação dessas medidas.

3. Planos e Programas nos vários Estados Membros

Em várias regiões e cidades dos diferentes países Europeus os principais problemas de qualidade do ar dizem respeito a partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}) e ao dióxido de azoto (NO_2). Estas situações verificam-se, especialmente, em áreas de grande densidade populacional e junto a fontes específicas de emissão, onde o tráfego rodoviário constitui uma das principais fontes de emissão directa de exaustão, e ainda pela existência de fontes secundárias, tais como poeiras da estrada, desgaste dos pneus, que influenciam fortemente os níveis de PM_{10} . É também nestas grandes áreas populacionais que a existência de maquinaria não rodoviária, combustão industrial, agricultura e armazéns de mercadoria (importantes na emissão de NH_3 e na formação do aerossol secundário) influenciam os níveis de poluição atmosférica. O incremento e tipo do aquecimento doméstico, principalmente as lareiras, é outro factor de emissão de matéria particulada. Existem países, como os nórdicos, em que a estes factores se associa a ressuspensão de poeiras pelo uso de pneus com espigões metálicos para neve durante o Inverno (Gammelsaeter, 2003). Há também países com condições climáticas favoráveis para acumulação de poluentes, entre os quais se destaca a Itália (Allegrini, 2003) que tem uma situação peculiar dado o elevado número de noites de grande estabilidade atmosférica que dificultam a dispersão de poluentes, provocando que vários poluentes excedam o VL. Nestas circunstâncias, as usuais medidas de controlo não são efectivas, necessitando esforços suplementares implicando custos elevados.

A estes dois poluentes atmosféricos (NO_2 e PM_{10}) acrescenta-se ainda a existência de altos níveis de ozono em várias regiões com particular relevância nos países do Sul da Europa. [Amann *et al.*, 2005].

Alguns países, que sofrem maior impacto de poluição atmosférica industrial, preocupam-se com o SO_2 , como acontece concretamente com Espanha (Martin, 2003). É também peculiar a situação da Bélgica (Roekens, 2003) onde se impôs Valores Limites de Emissão (VLE) mais estritos do que os Tectos Nacionais de Emissão (TNE) a alguns sectores, pela contingência de haver uma fábrica de tijolos em Beerse, outra fábrica de produção de zinco em Umicore e ainda outra fábrica de chumbo em Hoboken, que devido ao facto de estarem próximas vão provocar, no seu total, um grande caudal mássico de determinados poluentes. Precisam por isso de um controlo mais apertado, de forma a não incrementarem significativamente os níveis de concentração de vários poluentes atmosféricos.

A situação da poluição atmosférica nos vários países da UE foi apresentada em 2003 num seminário realizado pelo Ministério Federal do Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha (Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - BMU), intitulado "Air Pollution Abatement Planning in Europe", em Berlim [URL1]. Após a avaliação da situação da poluição atmosférica nos vários países da UE foram também apresentados nesse seminário várias medidas mitigadoras a implementar pelos diferentes países.

De um modo geral todos os PP visam a diminuição das concentrações de PM₁₀ e NO₂. Para a redução das PM₁₀ a maior parte das medidas focam uma melhor gestão de tráfego e vantagens competitivas no uso de transportes "amigos do ambiente". Os vários países, genericamente, encontram-se a implementar várias medidas que passam pela redução dos limites de velocidade nas principais estradas, as limpezas das ruas, aumento da frequência das inspecções obrigatórias aos veículos automóveis, redução de tráfego nos centros das cidades ou restrição da circulação a veículos catalisados, assim como a implementação de outras medidas técnicas tais como filtros de exaustão dos motores a diesel, fuel limpo para transporte (Gammelsaeter, 2003; Rico, 2003; Allegrini, 2003, Valet, 2003; Roekens, 2003), desenvolvimento de estradas alternativas e controlo do trânsito de camiões pesados dentro da cidade, nomeadamente em Munique (Strauss, 2004). O trabalho de Strauss, (2004) refere que em 2003 foram excedidos os VL de PM₁₀ e NO₂ em 11 zonas e aglomerações da Baviera. Foi reconhecido que a principal fonte para as excedências ao VL destes poluentes é o tráfego, mas também se supõe que as medidas previstas para este sector não vão permitir atingir níveis inferiores ao VL, dado que a influência das fontes estacionárias não é negligenciável. Da avaliação que foi feita, concluiu-se que cerca de 50% das PM₁₀ são de escala regional de fundo; as emissões directas de tráfego¹ constituem cerca de 10-20% da concentração de PM₁₀, as fontes fixas contribuem ainda menos, apenas entre 2-15% e o restante corresponde ao nível de fundo urbano que inclui baixos níveis de influência que não foram identificados. Este é um bom exemplo que permite mostrar que as medidas não podem ser implementadas só em locais de *hot-spot*.

Conclui-se, pois, que a diminuição dos níveis de PM₁₀ e NO₂ implica em quase todos os países da UE a redução das emissões provenientes do aquecimento doméstico. Alguns países como a França (Rico, 2003) nesse sentido, sugerem a proibição drástica do uso de lenha, a Itália (Allegrini, 2003) propõe ainda que esse seja feito a gás natural criando incentivos económicos para a conversão de fuel a gás e promovendo a distribuição de gás canalizado em áreas urbanas. A outra grande prioridade na redução das excedências aos VL passa pelo controlo das emissões atmosféricas industriais. A este propósito

¹ Considera-se que estas emissões directas são as que resultam da exaustão dos veículos

refere-se, que em França, está em estudo a aplicação de VLE para instalações industriais com potência térmica inferior a 50 MW, para além do desenvolvimento de um plano nacional de redução de emissões difusas de COV. Também nesse país, alguns PP, propõem VLE mais estritos do que os VLE nacionais (os resultantes da aplicação de Directivas como o Controlo e Prevenção Integrados de Poluição – IPPC - e Grandes Instalações de Combustão -GIC) a fontes fixas e o alargamento de VLE a todas as unidades industriais > 400 kW (Rico, 2003);

Na Alemanha (Valet, 2003) houve a preocupação de implementar o princípio da proporção, i.e., medidas de coacção a cada responsável pela emissão, na proporção da sua contribuição para os referidos níveis de poluição. Estas medidas são assim dependentes da configuração dos diferentes sistemas/processos industriais visando a redução de desperdícios energéticos (aumento de eficiência), melhorando os sistemas de despoluição de fim de linha, fazendo a conversão de processos ou de tecnologia (por ex. mudança de combustível), e aplicando restrição ao nível da operação/potência. Em casos críticos propõe a proibição da operação das indústrias.

Nenhum PP terá êxito completo na sua implementação, mesmo respeitando a relação custo/eficácia, se a melhoria da qualidade do ar não for um problema realmente sentido pelo público em geral, já que é difícil que se tomem medidas políticas que não resultem dum efectivo interesse e empenhamento da população que servem. Também é difícil, mas necessário, incluir os intervenientes no processo de implementação já que sem o seu contributo será gorada a eficácia dessas medidas.

No âmbito da actividade do CAFE realizou-se um workshop [URL2] onde foram apresentadas várias comunicações relacionadas com os níveis de PM₁₀ e PM_{2,5}, tais como origem, composição química e medidas a tomar para uma potencial melhoria da qualidade do ar, entre outras. No que diz respeito à origem e fonte das emissões de partículas verificou-se que as emissões de partículas na Holanda e no Reino Unido demonstram uma grande contribuição do aerossol marinho [Deacon, a. e Smallbone, k., (2002); Denier van der Gon e H.; Visschedijk, A. (2002)], enquanto que em Espanha se demonstra uma grande contribuição de poeiras naturais transportadas pelo vento e partículas do solo [Alastuey, A., (2002)]. Na Noruega há uma marcada variação sazonal que se prende com o tipo de pneus, em especial os de Inverno. E, embora exista uma extensa tecnologia de controlo de emissões de partículas industriais, em alguns países existe uma contribuição significativa resultante da combustão industrial e de algumas centrais termoeléctricas (Maria *et al*, 2003; Roekens, 2003). No entanto, ficou bem claro que as concentrações de partículas grosseiras são mais elevadas junto a estradas. Há uma vasta fonte de partículas grosseiras ao longo das estradas que embora estando relacionadas com os vários tipos de

veículos, não se reduz significativamente com a implementação de medidas tecnológicas na exaustão de emissões.

A modelação da dispersão atmosférica é uma ferramenta de avaliação da qualidade do ar consagrada na Directiva Quadro, bastante útil, pois permite estimar níveis de poluição atmosférica em áreas não cobertas pelas redes de monitorização de qualidade do ar. Permite, ainda, a análise de impactos associados às fontes de emissões atmosféricas assim como a avaliação da eficácia de medidas mitigadoras de poluição atmosférica [Monteiro, 2003]. No entanto, constata-se que relativamente à modelação para partículas há ainda muito a desenvolver. Existe um hiato entre a modelação a uma escala urbana e local e as concentrações medidas. Este facto deve-se essencialmente à falta de dados de emissões de partículas resultantes dos trabalhos de construção civil (obras), a inapropriadas parametrizações de ressuspensão, do facto de não serem muitas vezes consideradas as poeiras transportadas pelo vento e o material biológico, existentes, essencialmente, no sul da Europa e, em especial, durante o período de verão.

Uma das questões que resultou da discussão foi a dificuldade em estimar as emissões provenientes da suspensão de poeiras da estrada provocadas pelo tráfego [URL2]. Dentro destas, é importante distinguir as emissões directas dos processos de destruição e erosão da superfície das estradas e a suspensão de poeiras já existentes nas estradas. Assim, foram identificadas várias fontes potenciais de PM_{10} que se passa a explicar.

Transporte rodoviário:

As emissões resultantes da exaustão têm essencialmente, diâmetros aerodinâmicos menores que 2.5 μm . Há uma forte evidência de uma contribuição significativa nos níveis de PM_{10} que não resultam de exaustão directa, mas que estão associadas ao tráfego rodoviário, principalmente na fracção grosseira. A emissão dessa fracção grosseira varia de cidade para cidade e pode eventualmente exceder as emissões resultantes da exaustão directa associada ao tráfego, para além de dependerem das diferentes características sazonais e do tipo de frota.

Pode-se, assim, considerar como emissão indirecta, o material resultante do desgaste das estradas, o qual depende do tipo de superfície, das suas condições de conservação, da velocidade e do peso do veículo, do tipo de pneus e das próprias condições atmosféricas. Actualmente, a informação existente é insuficiente para quantificar este tipo de emissão. O desgaste dos pneus e dos travões também pode contribuir para uma fracção das emissões de partículas grosseiras [Johansson *et al.*, 2002].

Suspensão de poeiras das estradas:

A suspensão de poeiras das estradas surge como a principal fonte de partículas grosseiras que está também, indirectamente, relacionada com o tráfego. Há uma enorme falta de conhecimento dos processos envolvidos e da própria origem das poeiras nas estradas. No entanto, pode-se considerar que zonas de construção, actividade comercial e industrial, lixeiras, aterros, erosão do solo e actividades biológicas são as suas potenciais fontes emissoras. Como é difícil distinguir as partículas que provêm das diferentes fontes, também é difícil estimar os diferentes “pesos” de cada origem. Tem sido discutida a potencial redução de suspensão de poeiras pela limpeza das estradas, mas o que se tem verificado é que a limpeza que normalmente é efectuada, não é eficiente [Chang *et al.*, 2005; Kuhns *et al.*, 2003].

Emissões industriais:

Apesar de haver bastante tecnologia de controlo de emissões industriais de partículas grosseiras, verifica-se que, na realidade, grande parte desses sistemas não se encontram a trabalhar com o máximo da eficiência possível.

Há também um grande desconhecimento sobre a contribuição das emissões difusas, das suas taxas de emissão e da sua fracção de tamanho e composição. Todo este desconhecimento dificulta a implementação de medidas de minimização dos níveis de PM₁₀.

Fontes domésticas:

Em alguns países, é de salientar, a contribuição das emissões resultantes do aquecimento doméstico, principalmente as resultantes do aquecimento a carvão e a lenha.

Agricultura:

Em algumas circunstâncias, a actividade agrícola pode ser uma fonte significativa de alguns poluentes atmosféricos, nomeadamente de metano (CH₄), NH₃ e óxido nitroso (N₂O), mas também neste sector faltam dados credíveis de taxas de emissão, de fracção de tamanho e composição associado às diferentes actividades agrícolas.

Fontes naturais:

O aerossol marinho e as poeiras transportadas pelo vento são importantes contribuições para os níveis de PM₁₀ medidos em alguns países. Como é óbvio, estes níveis possuem uma variação sazonal sistemática e dependem sobretudo da velocidade e direcção do vento.

De tudo isto, constata-se que a grande preocupação em termos de qualidade do ar, nos vários Países Europeus, se centra no contributo importante das PM_{10} e do NO_2 .

A maior concentração destes poluentes encontra-se em áreas de grande densidade populacional e os factores que mais contribuem para tal resultam directamente do estilo de vida dessas populações, tais como intensidade de tráfego, combustão industrial, agricultura intensiva, armazéns de mercadorias e o incremento dado ao aquecimento doméstico, sobretudo se feito através do consumo de biomassa.

Não são alheios a estes níveis de partículas as diferenças climáticas, nomeadamente entre o Norte e Sul da Europa e a diferente contribuição das fontes naturais.

Há países que tiveram que adaptar os PP às suas realidades específicas (grande concentração geográfica de indústrias e grandes variações sazonais na contribuição das fontes naturais).

Parece evidente que os PP terão que resultar da implementação de medidas de controlo de emissões de poluentes atmosféricos, assim como, dum esforço integrado de vários Governos e do entendimento das populações que servem.

4. Avaliação da Qualidade do Ar em Portugal

Será de todo o interesse caracterizar Portugal em termos de níveis de qualidade do ar, salientando o cumprimento, ou não, da legislação em vigor. Assim, a partir dos resultados do modelo numérico de multi-escala CHIMERE (especialmente concebido para simulações de longo prazo de O₃) obtidos por Borrego *et al.*, 2004^b, faz-se uma avaliação das áreas mais poluídas ao nível nacional. O objectivo da simulação foi a avaliação da qualidade do ar numa perspectiva de averiguação do cumprimento das Directivas Filhas para os poluentes nelas definidos, nomeadamente NO₂, NO_x, SO₂, Pb, PM₁₀, CO, benzeno e O₃. Assim, o domínio de simulação seleccionado para esse estudo englobou a região de Portugal Continental, com dimensões de 290 km x 580 km e uma resolução horizontal de 10 km e vertical de 3 km. A resolução usada não será a mais adequada para se identificar os diferentes níveis de qualidade do ar nas aglomerações, mas permite, contudo identificar e localizar as situações mais críticas em termos nacionais.

Apresentam-se de seguida os mapas referentes a cada um dos indicadores para os poluentes em estudo, conforme legislação, resultantes da simulação numérica para o ano de 2001.

Dióxido de azoto (NO₂)

Os resultados da modelação são apresentados sob a forma dos indicadores definidos pela legislação para a protecção da saúde humana relativamente ao NO₂, mais precisamente a 19^a máxima hora do ano e a média anual.

Em ambos os casos, verifica-se que o valor limite é ultrapassado na Aglomeração Porto Litoral e na Região da Grande Lisboa, ao contrário do restante território Continental que não apresenta valores críticos, nem de ultrapassagem dos valores limite.

Uma das prováveis causas para as elevadas concentrações de NO₂ nas duas áreas críticas referidas poderá ser o tráfego rodoviário, dado as principais fontes de emissões de NO_x ser a queima de combustíveis fósseis em todos os sectores, especialmente no sector dos transportes.

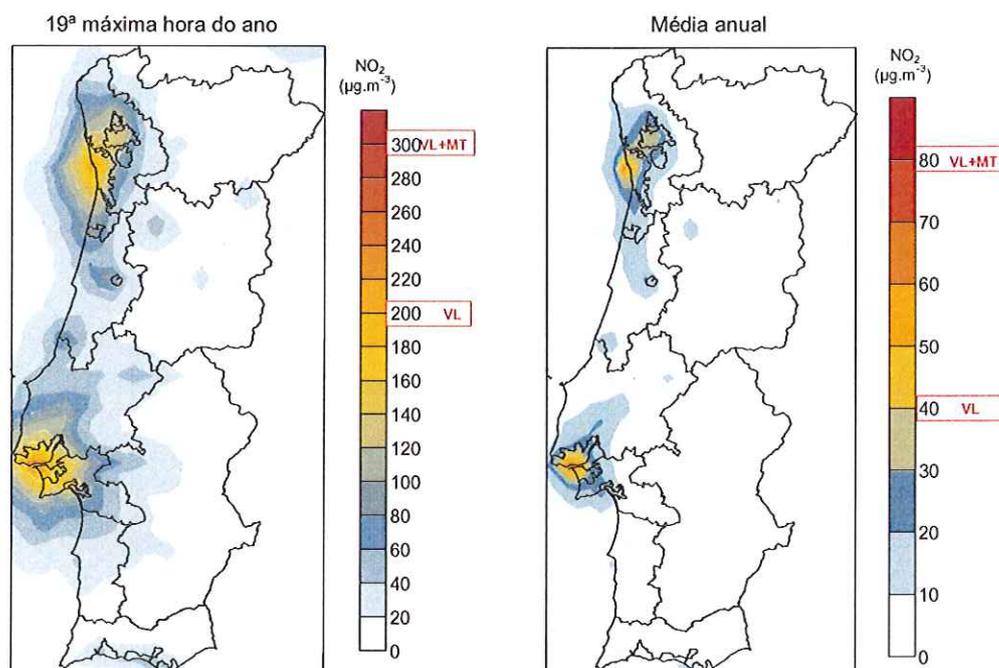


Figura 2: Resultados da modelação para os parâmetros definidos na legislação para o NO₂ para o ano de 2001 [Borrego *et al*, 2004^b]

Monóxido de carbono (CO)

Relativamente ao CO, a legislação define, como parâmetro de protecção à saúde humana, a máxima média (móvel) octo-horária diária por ano de 10 mg.m⁻³. Verifica-se pela análise da Figura 3 que não existe nenhuma região com ultrapassagem desse valor limite. As concentrações simuladas apresentam valores relativamente baixos para toda a região de Portugal Continental.

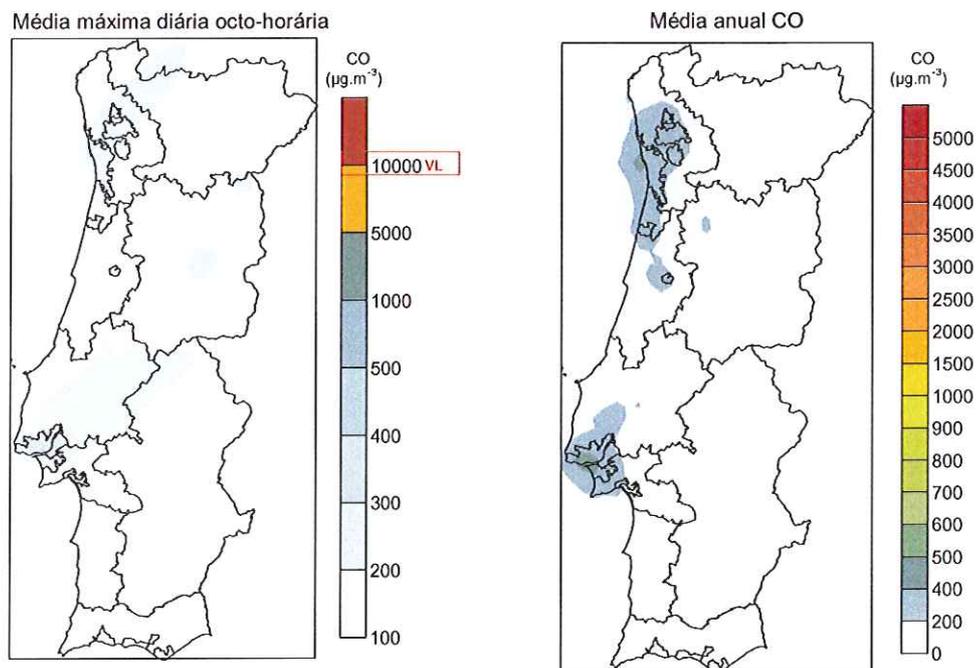


Figura 3: Resultados da modelação para os parâmetros definidos na legislação para o CO para o ano de 2001 [Borrego *et al*, 2004^{b)}]

Dióxido de enxofre (SO_2)

No caso do SO_2 , a legislação define parâmetros para avaliar a protecção da saúde humana e da vegetação, sendo necessário estimar médias horárias, diárias, anuais e média de Inverno, correspondente aos meses de Outubro a Março. A Figura 4 apresenta os resultados para cada um destes parâmetros. Em termos de médias horárias e diárias, não se verificam ultrapassagens ao valor-limite na aglomeração em estudo. Contudo, ao analisar a média de Inverno já se verifica excedência na Aglomeração do Porto Litoral embora bastante inferior aos valores estimados para a Grande Lisboa.

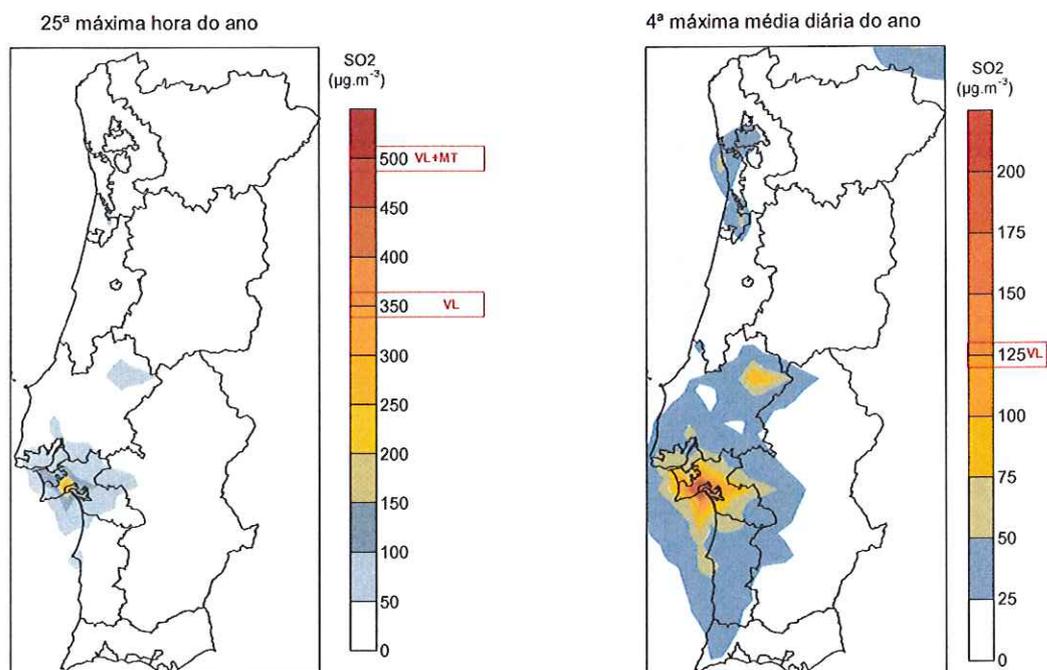


Figura 4: Resultados da modelação para os parâmetros definidos para protecção de saúde humana para o SO₂ para o ano de 2001 [Borrego et al, 2004^b]

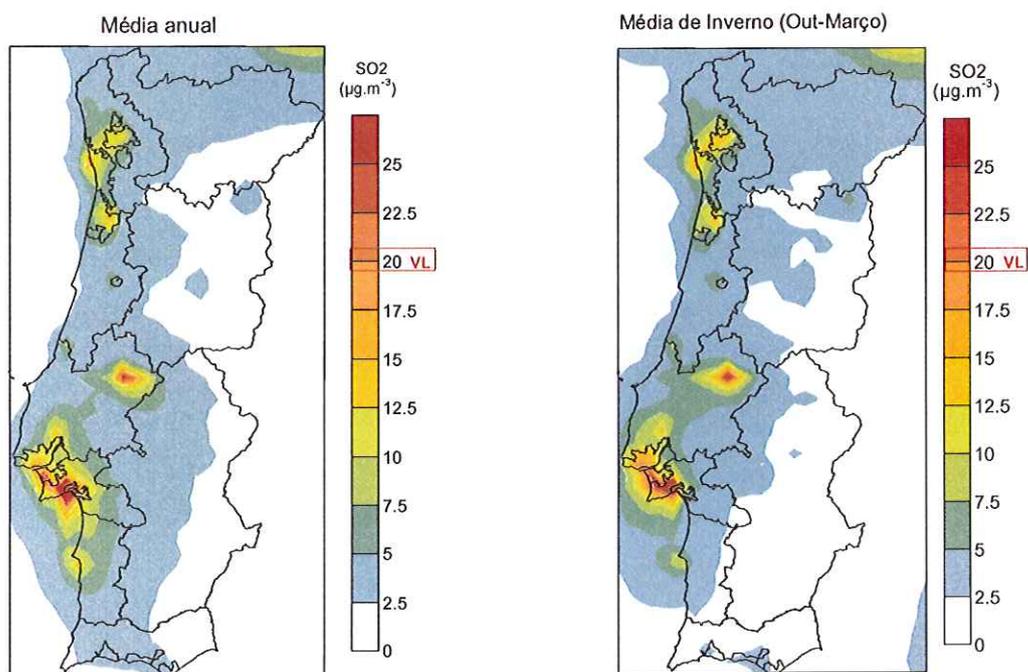


Figura 5: Resultados da modelação para os parâmetros definidos para protecção de ecossistemas para o SO₂ para o ano de 2001 [Borrego et al, 2004^b]

Ozono (O₃)

No caso do ozono a legislação define o valor de 120 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ como a 26^a máxima média móvel octo-horária diária e um máximo de 18 000 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ para o valor limite de ²AOT40 (período Maio - Julho). Em relação ao valor alvo para a protecção da vegetação (AOT40), verifica-se o incumprimento no Interior Centro e Norte do país e costa Vicentina, sendo o valor estimado para a Aglomeração Porto Litoral inferior ao valor limite de AOT40.

Esta distribuição das concentrações vem confirmar simulações numéricas de mesoscala anteriormente realizadas, e que sugerem um transporte dos precursores de ozono das zonas urbanas do Porto e Lisboa, pelos ventos dominantes de N-NW na costa portuguesa [Ribeiro, 2005; Monteiro, 2003].

Neste mapa estão localizadas duas estações: uma estação de tráfego e outra de fundo cujos valores são significativamente diferentes, mas que não são diferenciáveis na figura devido à resolução da simulação.

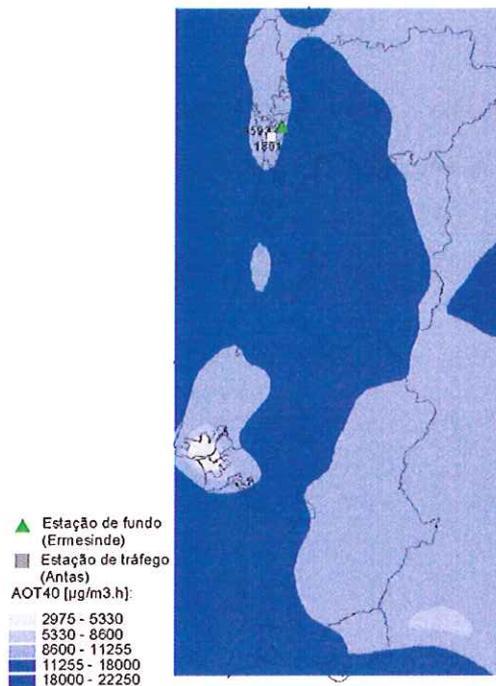


Figura 6: Resultado da modelação para o valor limite AOT40 definido na legislação para o O₃ para o ano de 2001

² AOT40. Soma [expressa em $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$] das diferenças entre as concentrações horárias de ozono superiores a 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ e o valor de 80 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ num determinado período, utilizando apenas os dados horários obtidos entre as 8 e as 20h.

A análise dos mapas das concentrações simuladas permite concluir que grande parte dos problemas de poluição atmosférica coincidem com as grandes densidades populacionais e industriais e por consequência há uma distribuição heterogénea dos níveis de poluição ao longo de todo o país. De facto, em Portugal as emissões de poluentes são maioritárias nas regiões urbanas da zona costeira onde existe maior densidade populacional e onde estão instaladas grande parte das actividades industriais e dos transportes. Ao longo dos últimos 10 anos, diversos estudos demonstraram já a existência de fenómenos de poluição atmosférica na área em estudo (Barros, 1999; Ferreira *et al.*, 2004)

Esta análise permite identificar, como zonas mais críticas, as Regiões da Grande Lisboa e do Grande Porto. Dado que a Aglomeração do Porto Litoral possui um histórico de dados desde 1995, ano em que se estabeleceu a Rede de Monitorização de Qualidade do Ar na Região Norte em actividade regular, isto possibilita a obtenção de dados credíveis para suportar uma análise de dados de qualidade do ar com a pretensão de interpretar alguns fenómenos de poluição atmosférica de forma a ser possível propor algumas medidas de mitigação.

Assim, a segunda parte do trabalho consistirá na análise do caso de estudo da Aglomeração Porto Litoral, nomeadamente no que diz respeito à avaliação dos dados de qualidade do ar e na análise das excedências ao VL entre 2001 e 2003. Também contempla a análise de comportamentos e tendências, identificando quais as principais fontes de emissão responsáveis pelas excedências aos valores limites.

5. Avaliação da qualidade do ar na Aglomeração Porto Litoral

5.1. Localização espaço – temporal

O presente estudo abrange a Aglomeração Porto Litoral e serão analisados os dados de qualidade do ar referentes ao período de 2001 a 2003. O motivo da análise dos dados deste período prende-se com o facto da obrigatoriedade da elaboração do primeiro PP se reportar ao ano de 2001 e só até ao ano de 2003 uma vez que os dados de 2004 apenas ficaram disponíveis após validação definitiva em meados de 2005. Pretende-se desta forma contribuir para a análise da qualidade do ar, de forma a entender os fenómenos de ultrapassagem dos Valores Limites e propor estratégias de qualidade do ar para a Aglomeração em causa.

O Decreto-Lei nº 276/99, de 23 de Julho, define, no artigo 2º, uma aglomeração como “zona caracterizada por um número de habitantes superior a 250 000 ou em que a população seja igual ou fique aquém de tal número de habitantes, desde que não inferior a 50 000, sendo a densidade populacional superior a 500 hab.km⁻²” e uma zona como sendo “uma área geográfica de características homogéneas, em termos de qualidade do ar, ocupação do solo e densidade populacional”.

O Instituto do Ambiente, usando como metodologia de base a avaliação das freguesias contíguas com densidade populacional igual ou superior a 500 hab.km⁻² e cujo conjunto totaliza um número de habitantes superior a 50000, identificou 12 aglomerações no território continental, nomeadamente: Braga, Vale do Ave, Vale do Sousa, Porto Litoral, Aveiro/Ílhavo, Coimbra, AML Norte, AML Sul, Setúbal, Portimão/Lagoa Albufeira/Loulé Faro/Olhão e uma aglomeração na Região Autónoma da Madeira (UNL, 2001). Estas aglomerações, com excepção da Madeira encontram-se representadas na Figura 7.

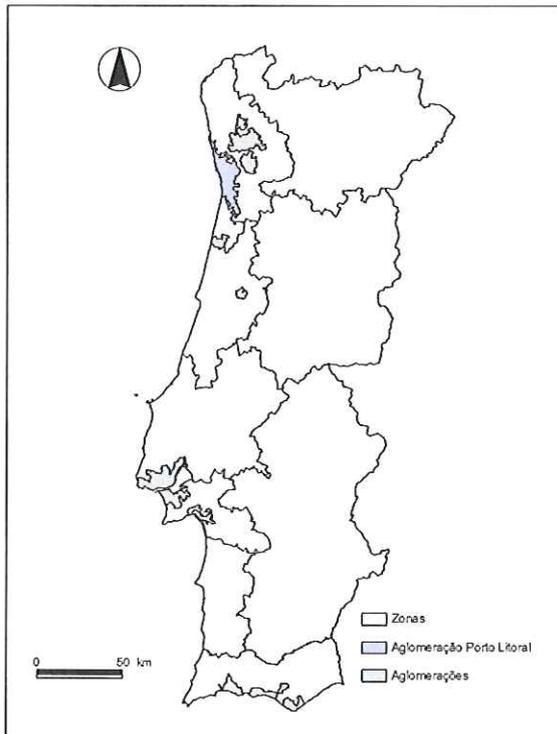


Figura 7: Identificação da Aglomeração Porto Litoral em Portugal Continental.

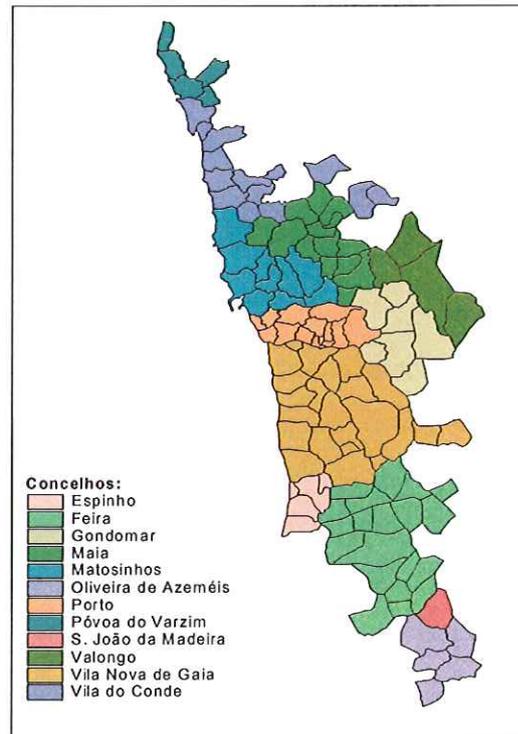


Figura 8: Identificação dos concelhos e freguesias da Aglomeração PL

Como se pode verificar pela análise da figura 8, a Aglomeração Porto Litoral (APL) é constituída por 134 freguesias adjacentes, onde se incluem os concelhos que se encontram listados na Tabela 2.

Tabela 2: Área total dos concelhos que pertencem à APL

Concelho	Área Total (%)
Espinho	100
Gondomar	43,8
Maia	75,2
Matosinhos	100
Oliveira de Azeméis	21,8
Porto	100
Póvoa de Varzim	39,8
Santa Maria da Feira	59,4
São João da Madeira	100
Valongo	72,4
Vila Nova de Gaia	100
Vila do Conde	31,6

A área da aglomeração Porto Litoral apesar de não coincidir exactamente com a Área Metropolitana do Porto (AMP) [URL3], dado que há freguesias desta última que não pertencem à Aglomeração e vice-

versa, goza duma estruturação do território muito semelhante, nomeadamente: a centralidade do Porto, com a forte dinâmica metropolitana de uma coroa constituída por grande parte do território dos concelhos de Matosinhos, Maia, Vila Nova de Gaia, Gondomar e Valongo; e, por último, o relativo distanciamento de algumas parcelas da aglomeração, sobretudo na Póvoa de Varzim, em Vila do Conde, em São João da Madeira e Santa Maria da Feira [INE, 2004^a].

No presente trabalho pretende-se, após ter definido um PP, utilizar a sua metodologia considerando os dados possíveis e disponíveis. Na análise dos dados de qualidade do ar será aceitável a interpretação da ultrapassagem dum valor limite como um fenómeno regional e não um fenómeno que se cinge apenas à área envolvente à estação. Esta situação pode ser aceite tendo em consideração a dimensão da área geográfica ser relativamente pequena, as características topográficas e de uso de solo serem relativamente homogéneas. Os dados de qualidade do ar serão analisados em conjunto com dados meteorológicos do mesmo período e com a localização das principais fontes de forma a melhor compreender estes fenómenos. Devido à dificuldade de obter dados meteorológicos horários monitorizados nas estações meteorológicas do Instituto de Meteorologia, foi aplicado o modelo The Air Pollution Model (TAPM) desenvolvido pela CSIRO – Atmospheric Research para obtenção dos diversos parâmetros meteorológicos (Hurley, 2002).

É de salientar que a metodologia proposta como mais adequada para a elaboração de PP vai ao encontro aos critérios Europeus usados já em estudos análogos, tal como foi referido no Capítulo 3.

Dado que a Rede de Monitorização de Qualidade do Ar (RMQAr) da Região Norte foi pensada e estruturada ainda antes da delimitação de zonas e aglomerações do País, a preocupação que houve na sua implementação foi o de monitorizar as zonas supostamente mais poluídas e cuja densidade populacional fosse mais elevada. Daí que as estações mais antigas estejam localizadas na área coincidente com a Área Metropolitana do Porto (AMP). Actualmente, a rede da Região Norte abrange todas as aglomerações e zonas da jurisdição da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento da Região Norte (CCDR-N).

Na Figura 9 apresenta-se a localização geográfica das estações da APL, actualmente existentes:

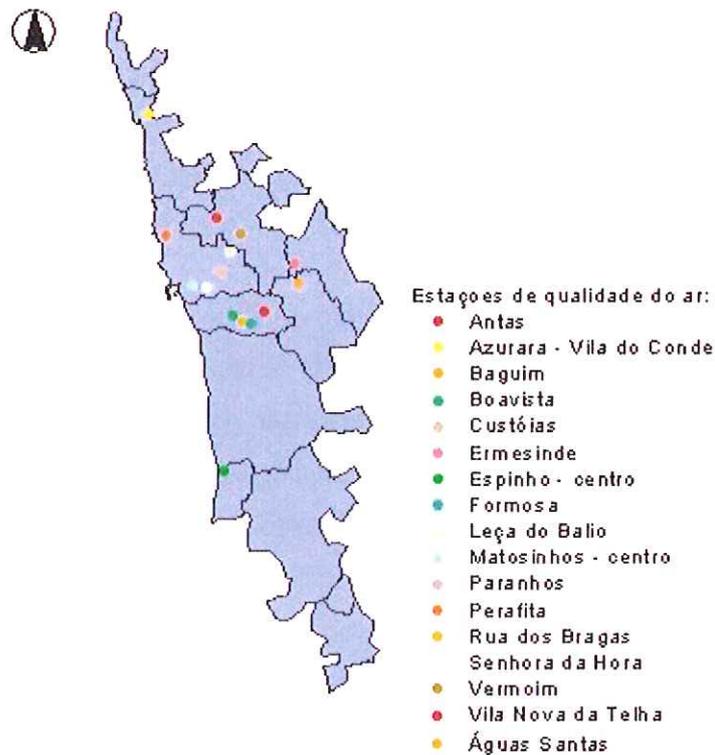


Figura 9: Representação espacial das estações de Rede de Monitorização de Qualidade do Ar da Aglomeração Porto Litoral

Para se proceder à selecção de locais para implementar uma rede de estações de monitorização de qualidade do ar é, antes de mais, necessário definir quais os objectivos que se pretendem alcançar, isto é, qual o tipo de poluição e, portanto, quais os poluentes que se pretendem avaliar e qual a representatividade da rede, em termos de cobertura e de tradução da qualidade do ar da área em questão. Consta-se pela análise da Figura 9 que a rede é constituída por diferentes tipos de estações, cuja classificação é definida segundo três níveis [Larssen *et al.*, 1999]:

- O tipo de emissões dominantes, classificando as estações de acordo com o tipo de poluição que se pretende avaliar;
- O tipo de zona, com o objectivo de caracterizar o ambiente envolvente em termos de malha urbana, e
- As características da zona envolvente que dá uma melhor caracterização da zona em causa

A Tabela 3 resume a classificação das estações.

Tabela 3: Classificação das estações [Larssen *et al.*, 1999]

Critério	Classes
Tipo de estação	Tráfego Industrial Fundo
Tipo de zona	Urbana Suburbana Rural
Características da zona	Residencial Comercial Industrial Agrícola Natural

Face a estes critérios, as estações de tráfego devem estar localizadas onde o nível médio de poluentes observado seja directamente influenciado pelas emissões das artérias de tráfego mais próximas. Pelo contrário, as estações de fundo, não devem ser influenciadas directamente por nenhuma fonte fixa ou artéria de tráfego. No entanto, este tipo de estação pode sofrer a influência da poluição proveniente de um conjunto de fontes que, por acção do regime de ventos, possa ser transportada na sua direcção. As estações de monitorização industrial devem ser localizadas para que o nível médio de poluentes observado seja significativamente influenciado pelas emissões de fontes industriais próximas.

5.2. Caracterização Sócio-Económica da APL

Para a definição de estratégias de gestão de qualidade do ar é necessária uma análise dos factores que possam porventura influenciar as concentrações dos poluentes atmosféricos, permitindo identificar as causas e efeitos associados. Assim, é de extrema importância proceder à caracterização sócio-económica da aglomeração, sabendo de antemão que o dinamismo económico de uma determinada região está também ligado ao dinamismo demográfico e conseqüentemente relacionados com os níveis de poluição observados nessa região.

Dado que a Região Norte, onde se inclui a APL, é caracterizada por uma distribuição heterogénea da população e das actividades económicas será adequado caracterizar os concelhos e freguesias abrangidos neste estudo, para perceber o tipo de freguesias ou de envolvente em que se localizam as estações de monitorização de qualidade do ar.

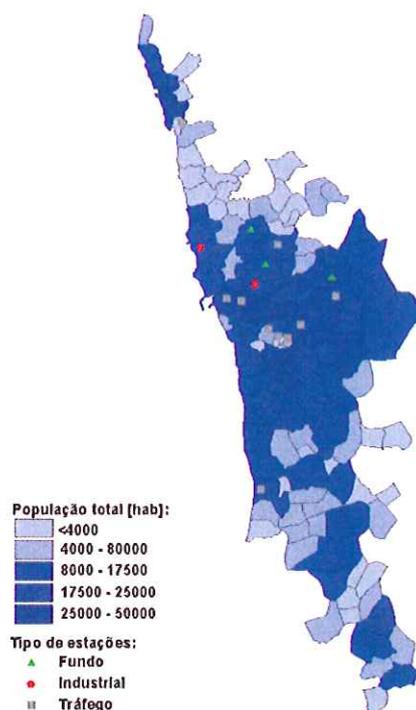


Figura 10: Densidade Populacional da APL

Como se pode verificar pela Figura 10, a maior densidade populacional encontra-se no Porto e nos concelhos limítrofes. A terciarização da Cidade – centro e o aumento do custo da habitação levou a que a população desta se tivesse afastado para a periferia. Todavia, a estrutura populacional dos concelhos da Póvoa de Varzim e de Vila do Conde difere dos outros, pois grande parte dos trabalhadores destes concelhos exercem a sua actividade na indústria da região [Melo, 2000].

Os censos de 2001 revelam que na aglomeração Porto Litoral, a população recenseada se situou nos 1.358.1001 indivíduos, representando um aumento de cerca de 0,92%, entre 1991 e 2001, correspondendo a 36,8% da população residente na Região Norte. Comparada com a estrutura da população total nacional verifica-se que a do Norte é em média mais jovem. (A proporção de jovens, de 17,5%, representa o valor mais elevado do Continente, enquanto que a de idosos representa, simultaneamente a mais baixa 14,0%). [Censos, 2001]

Tabela 4: Distribuição da população e área total da Região Norte. [Censos 2001, INE]

	População 2001	Área Total (km ²)
Portugal	10 356 117	91 947
Norte	36 872 293	21 280
AMP	1 260 680	814
Porto Litoral	1 358 101	714

Como se pode verificar pela análise da Tabela 4, a área total da Aglomeração Porto Litoral é menor que da AMP, apesar do número de indivíduos ser maior na Aglomeração. Este facto prende-se com a própria definição de Aglomeração já que as freguesias têm que ter uma densidade igual ou superior a 500 hab.km⁻².

A variação da População no Norte foi induzida positivamente pelas componentes natural (diferença entre número de nados vivos e número de óbitos) e migratória, pelo que se pode apresentar a mesma justificação para o aumento da população verificada na Aglomeração.

Toda a Região Norte apresenta uma estrutura sectorial com um baixo grau de diversificação, marcado pelo predomínio dos sectores têxteis, vestuário e calçado, indústrias da madeira, alimentação e bebidas. Esta estrutura é também, verificada na AMP [Oliveira, 1996] e conseqüentemente na Aglomeração Porto Litoral.

Um dos indicadores mais usuais na análise de desenvolvimento económico para comparar as diferentes regiões é o produto interno bruto *per capita* (PIB pc). Na Figura 11 apresenta-se a evolução do PIB pc para a Região Norte e sub-regiões.

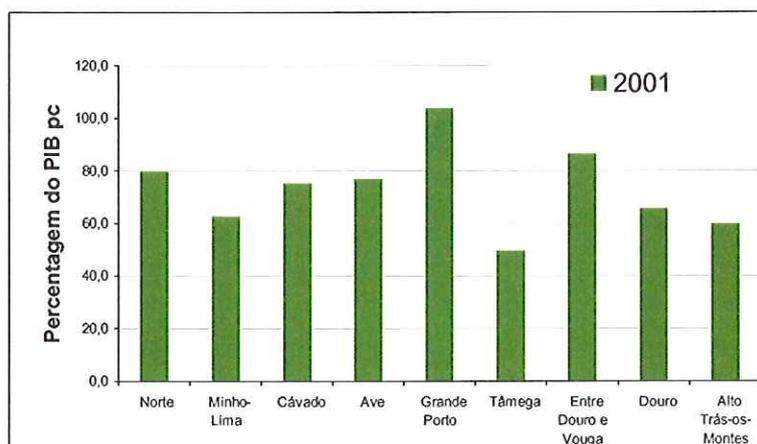


Figura 11: PIB per capita na Região Norte e nas sub-regiões em 2001 (Fonte: Contas Regionais, INE)

Pela análise do PIB *per capita* em índice (tendo em conta que o valor 100 representa o valor de capitação média do PIB nacional), cf. Figura 11, pode verificar-se a disparidade intra-regional nas sub-regiões do Norte, em que somente o Grande Porto ultrapassa a média nacional para o indicador PIB *pc*.

Em termos nacionais, a Região do Norte, concentrava em 2000 cerca de 28,6% do PIB, 34,4% de emprego e 35,5% da população residente; por sua vez, o Grande Porto, detinha aproximadamente, 13% do PIB, do Valor Acrescentado Bruto (VAB), do emprego total e remunerado e 12% da população. [INE, 2003].

O indicador VAB permite descrever a capacidade produtiva das regiões e das suas actividades e a riqueza gerada nos respectivos processos produtivos. A escolha do VAB como indicador de selecção dos ramos em análise é mais adequada que outros indicadores, por ser o mais genuíno na contabilização da produção efectiva de cada sector [Africano, 1999].

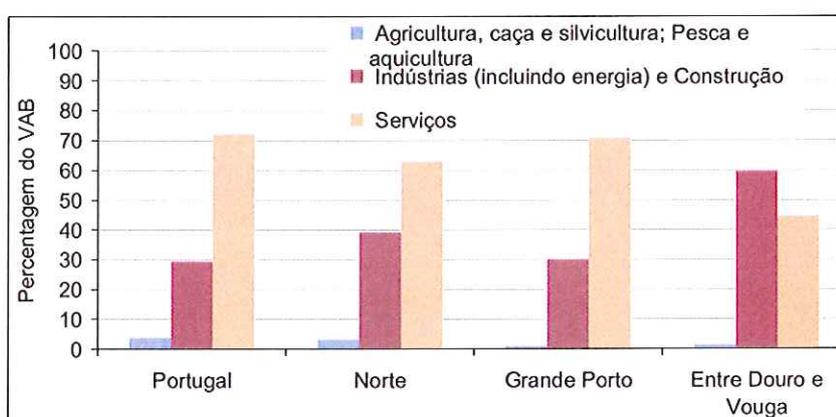


Figura 12: Estrutura do VAB por sectores – Portugal, Região Norte, Grande Porto e Entre Douro e Vouga, para 2001. (Fonte: Contas Regionais 1995-2002, INE)

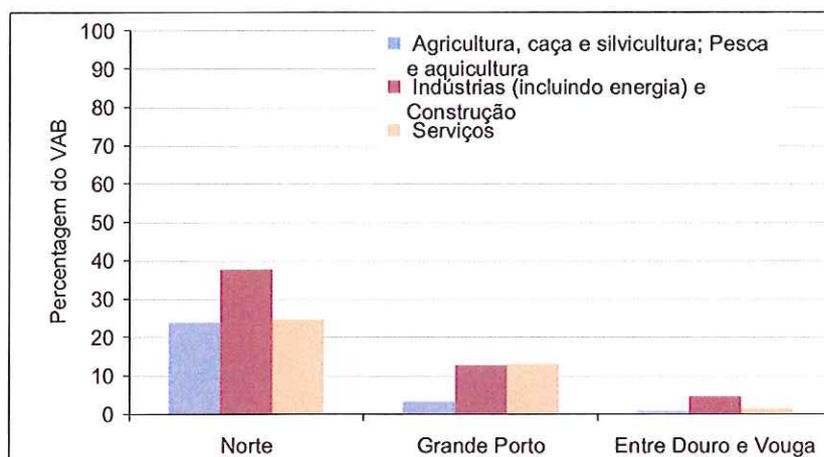


Figura 13: Contribuições regionais para o VAB Nacional por sectores, para 2001. (Fonte: Contas Regionais 1995-2002, INE)

Como se pode observar pela análise das Figuras 12 e 13, a actividade produtiva da Região Norte, avaliada em termos de VAB, é composta maioritariamente pelos sectores de serviços e indústria com 63% e 39%, respectivamente. No mesmo período, verifica-se que o sector industrial é aquele em que a produção da Região Norte tem maior importância a nível nacional. Avaliando as duas sub-regiões que constituem a Aglomeração Porto Litoral constata-se que na maior área territorial da Aglomeração, Grande Porto, existe um equilíbrio entre os sectores que mais contribuem para a produção nacional.

Actualmente verifica-se uma tendência de terciarização da economia, traduzida pela perda de importância dos sectores primário e secundário em favor do terciário. Esta perda de importância das actividades industriais é ainda mais expressiva nos casos da AMP e da região envolvente [Oliveira, 1996].

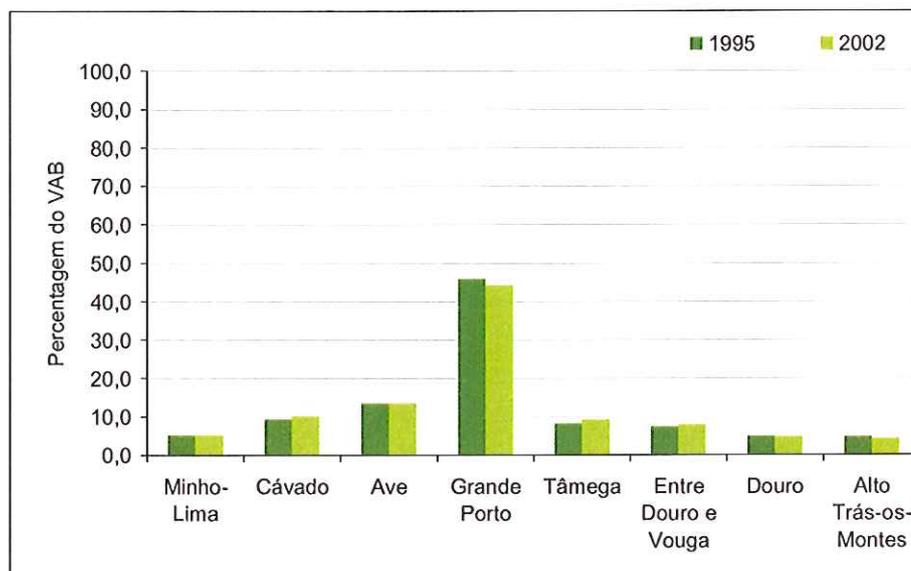


Figura 14: Distribuição do VAB na Região Norte (Fonte: Contas Regionais 1995-2002, INE)

Na Figura 14 representa-se a distribuição do VAB em índice, tendo em conta que o valor 100 representa o VAB médio da Região Norte. Observa-se que o Grande Porto se distancia claramente das restantes sub-regiões ao concentrar acima dos 46% e dos 44% do VAB em 1995 e 2002, respectivamente.

Em 2002, o Norte continua a ser a zona onde a indústria transformadora tem maior peso, não só em termos de VAB, mas também de emprego. As indústrias de média e alta tecnologia não produzem nem $\frac{1}{4}$ do total criado nas indústrias transformadoras o que confirma a ideia de que a utilização de Investigação e Desenvolvimento (I&D) ainda está longe de assumir um papel primordial na indústria desta região [INE, 2004^b].

Em 2001, a AMP e a região envolvente consumiam 31,1% do total nacional de electricidade para fins industriais. A restante zona norte consumia quase tanta energia para fins industriais como a AMP. Dos concelhos da AMP destaca-se a Maia, por concentrar 35,9% do consumo industrial de electricidade da AMP e o concelho do Porto por ser o único onde se verifica um decréscimo no consumo industrial de electricidade, o que está associado à perda de importância das actividades industriais, que se deslocaram para a zona envolvente.

Daqui se pode concluir que o tecido produtivo da AMP e, conseqüentemente a Aglomeração Porto Litoral, assenta ainda em sectores de mão-de-obra muito intensiva e de baixa produtividade com forte orientação exportadora, o que terá também implicações em termos de emissões de alguns poluentes atmosféricos.

5.3. Caracterização de emissões de poluentes atmosféricos

Após o posicionamento da Aglomeração do Porto Litoral na economia nacional e na Região Norte, torna-se importante localizar algumas fontes de poluição atmosférica desta região. Estas fontes foram divididas em pontuais e em linha. A selecção das indústrias foi feita com base nas que estão registadas na "European Pollutant Emission Register" (EPER) [URL4]

Como se pode verificar através da análise das Figuras 15 e 16, a Aglomeração Porto Litoral tem uma rede viária bastante extensa e as principais indústrias encontram-se localizadas nos concelhos da Maia, Matosinhos e Porto, o que estabelece a existência duma coroa em torno do Porto. Deste modo, as estações de monitorização de qualidade do ar encontram-se localizadas onde se presume haver maior risco de emissão de poluentes atmosféricos, já que preferencialmente se situam nestes três concelhos. Provavelmente haveria maior interesse em ter a rede mais distribuída em termos geográficos.

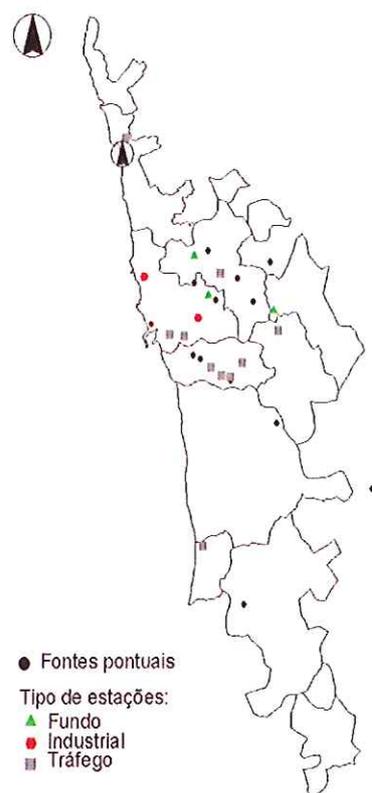


Figura 15: Localização das principais fontes em linha na Aglomeração Porto Litoral

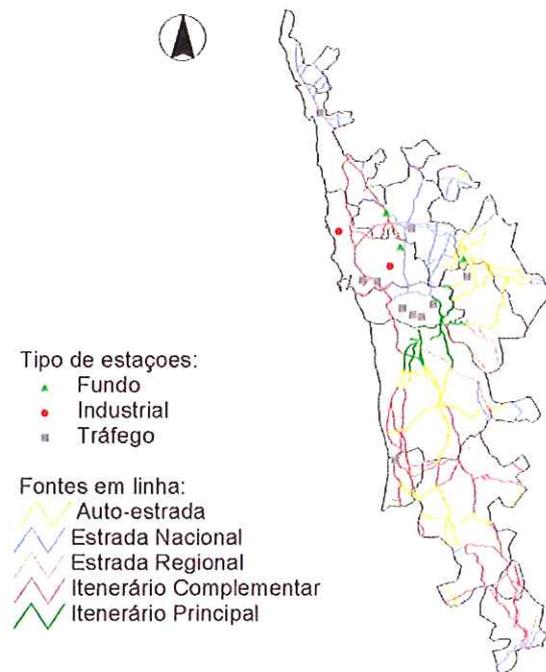


Figura 16: Localização das principais fontes pontuais na Aglomeração Porto Litoral

Para a definição de medidas mitigadoras da poluição atmosférica, além do conhecimento das fontes emissoras, é essencial o conhecimento da sua contribuição relativa nas emissões dos vários poluentes e a sua distribuição espacial.

Os dados de emissões mais recentes para a Região Norte foram obtidos a partir da desagregação espacial das fontes emissoras das dez categorias consideradas pela metodologia CORINAIR, nomeadamente combustão residencial e comercial, combustão industrial, processos de produção, transportes rodoviários, aeroportos, outras fontes móveis, extracção e distribuição de combustíveis, uso de solventes, tratamento e deposição de resíduos e agricultura. Esta desagregação espacial foi feita a partir dos valores nacionais de cada poluente [URL4], segundo uma metodologia “top-down”, com recurso a factores estatísticos disponíveis e considerados adequados a cada uma das actividades em análise. Foi feita inicialmente até à NUT IV (Concelhos) e finalmente até ao nível de resolução espacial NUT V (Freguesias). Toda a informação contida neste inventário está agrupada numa base de dados – PolAr2, concebida sob a forma de uma base Access [Monteiro, 2003].

A análise espacial do inventário desagregado, permite identificar as áreas mais problemáticas em termos de emissão de poluentes atmosféricos.

Para além do inventário atrás referido, o qual contempla apenas os Gases de Efeito de Estufa (GEE), foi feita uma abordagem para a estimativa da matéria particulada, nomeadamente PM_{2.5}, PM₁₀, [Borrego *et al.*, 2003^b] poluentes ainda não abrangidos pelos inventários nacionais oficiais. A metodologia aplicada baseia-se na utilização de factores de emissão médios por habitante, calculados para a Europa e recomendados por Pulles e Visschedijk (2003). Estes factores são os seguintes: PM₁₀ - 5,5 kg.hab⁻¹ e PM_{2.5} - 3,8 kg.hab⁻¹.

Os métodos de estimativa de material particulado são muito limitativos, dado que usa um factor que considera apenas a densidade populacional. A complexidade química da matéria particulada tem dificultado significativamente a estimativa das suas emissões [Kuhns *et al.*, 2003; Dordevic *et al.*, 2004]

Há que salientar que este método não tem em consideração a localização espacial de Portugal, privilegiada para a ocorrência de episódios de partículas, dado que é um país de sul da Europa, pouco distanciado do Norte de África, estando assim sujeito a ventos do deserto de Sahara [Rodriguez *et al.*, 2001]. Para além disso a posição geográfica de Portugal face ao Oceano Atlântico faz com que a contribuição do mar assuma também um peso significativo no aerossol atmosférico. As análises que têm sido desenvolvidas em Portugal, demonstram existir uma fonte em área que terá como origem principal o sal marinho [Oliveira *et al.*, 2004].

Assim, pode-se concluir que este método de cálculo, provavelmente, não deverá estimar correctamente os níveis de PM_{10} e $PM_{2.5}$. No entanto, devido à falta de outros métodos disponíveis, considerou-se adequado usá-lo, de forma a ser possível visualizar uma possível distribuição espacial de partículas. Uma vez que as partículas de origem antropogénica serão as que se encontram em maiores concentrações nas zonas de maior desenvolvimento e estas coincidem com as áreas de maior densidade populacional, o modelo de estimativa aplicado poderá, eventualmente, ser menos realista nas áreas de fundo dado que aí os níveis não dependerão unicamente da densidade populacional.

Neste sentido, apresentam-se as distribuições espaciais das emissões de NO_x , CO, COV, SO_2 e partículas na Aglomeração Porto Litoral, cf. Figura 17 a Figura 26.

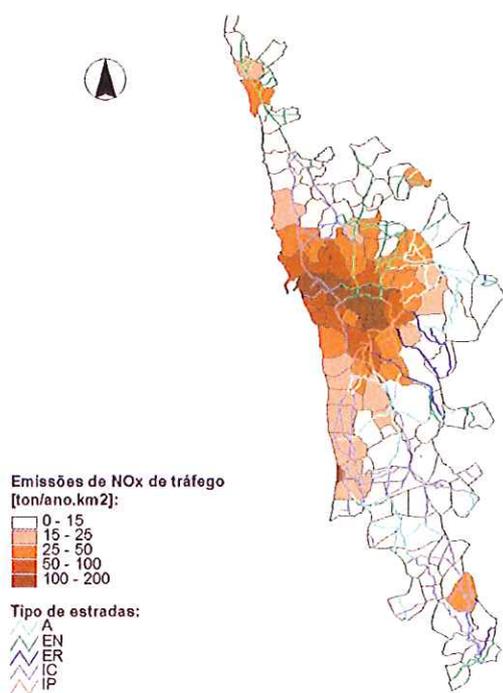


Figura 17: Distribuição espacial das emissões em área de NO_x provenientes do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.

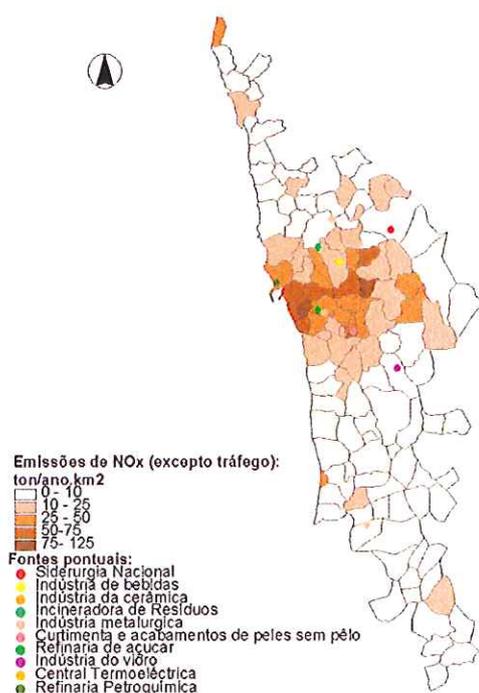


Figura 18: Distribuição espacial das emissões totais em área de NO_x , excepto o tráfego rodoviário.

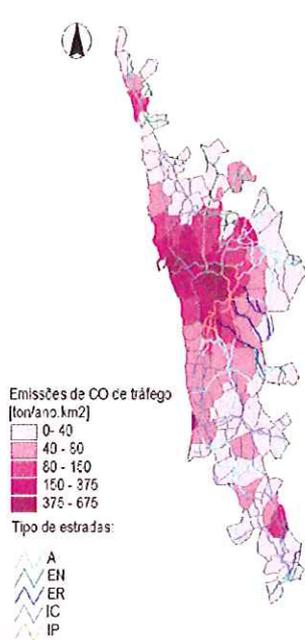


Figura 19: Distribuição espacial das emissões em área de CO provenientes do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.

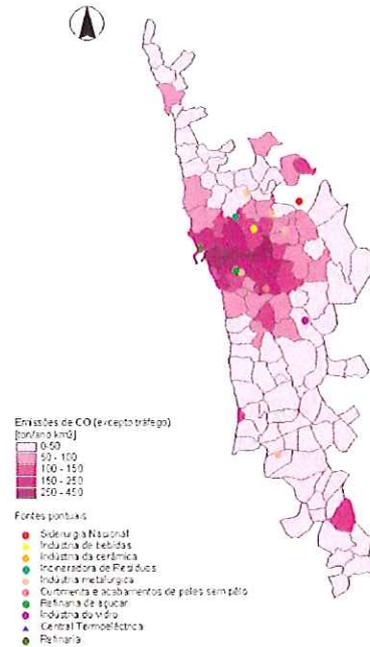


Figura 20: Distribuição espacial das emissões totais em área de CO, exceto o tráfego rodoviário.

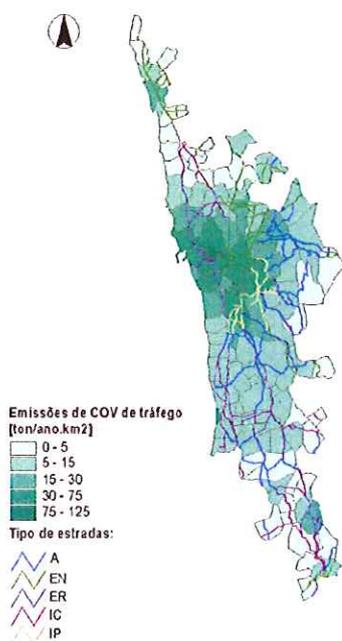


Figura 21: Distribuição espacial das emissões em área dos COV provenientes do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.

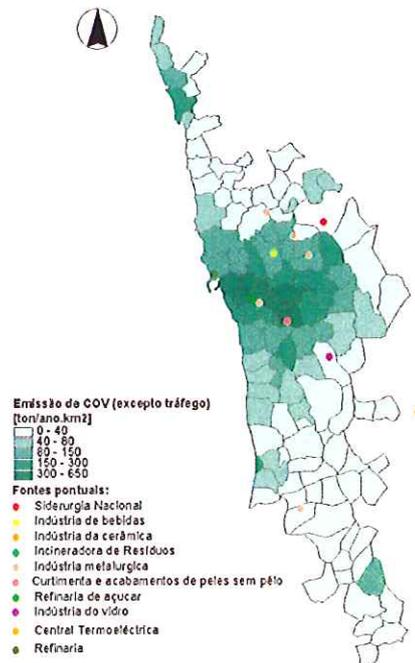


Figura 22: Distribuição espacial das emissões totais em área de COV, exceto o tráfego rodoviário.

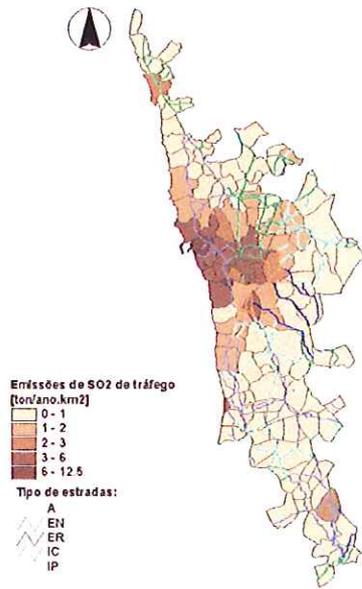


Figura 23: Distribuição espacial das emissões totais em área do SO₂, excepto tráfego rodoviário.

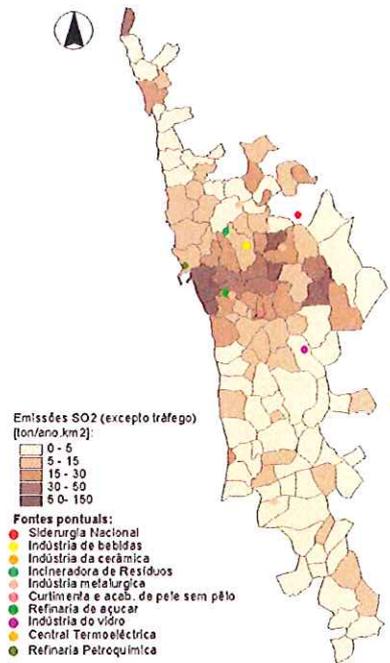


Figura 24: Distribuição espacial das emissões de SO₂ proveniente do tráfego rodoviário e outras fontes móveis.

Conforme foi dito anteriormente, o cálculo das emissões de PM₁₀ e PM_{2.5}, pela metodologia indicada, difere apenas do valor do factor de emissão, e que, tal como previsto, têm uma distribuição idêntica, diferindo apenas na gama dos valores de emissão, tal como se pode observar nas Figuras 25 e 26.

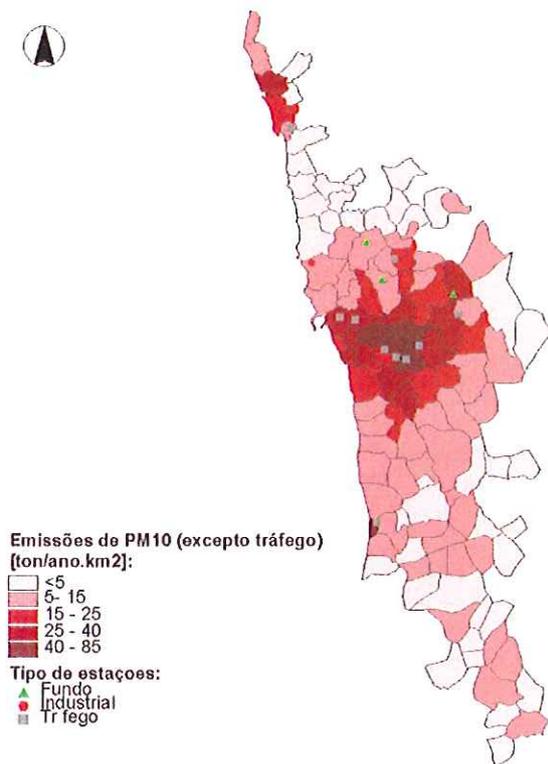


Figura 25: Distribuição espacial das emissões totais de PM₁₀

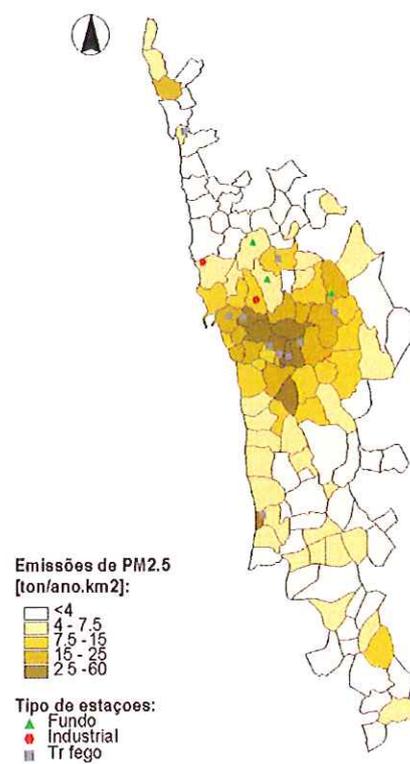


Figura 26: Distribuição espacial das emissões totais de PM_{2.5}

Como se pode observar pelos mapas de distribuição espacial de emissões NO_x, CO, COV e SO₂ (cf. Figura 17 a Figura 24), identificam-se como as zonas mais problemáticas, o Porto e os seus concelhos limítrofes, correspondentes à zona com maior densidade populacional e onde se localizam as maiores indústrias que na sua maioria pouco investem na I&D. Coincide também com a zona de maior circulação de tráfego rodoviário. Para além das referidas, a freguesia de Espinho é igualmente uma zona crítica.

Constata-se que as emissões de CO e NO_x associadas ao tráfego e a outras fontes móveis têm maior peso relativo no total de emissões comparativamente com os outros sectores. As emissões de SO₂ são produzidas essencialmente pela queima de combustíveis fósseis (com elevados teores de enxofre) em todos os sectores industriais e por consequência estão mais associadas às fontes industriais do que às de tráfego. De acordo com este facto, verifica-se que os níveis de emissão de SO₂ são maiores na zona industrial oeste do concelho do Porto onde se encontram as indústrias com maior potencial na emissão deste poluente.

As emissões de COV decorrem da combustão no sector dos transportes, do uso de solventes e durante as operações de carga e descarga de combustíveis. Assim, se justifica que as suas emissões sejam predominantemente de origem de fontes industriais conforme se verifica pelas Figuras 21 e 22.

5.4. Análise estatística dos dados de Qualidade do Ar da Aglomeração Porto Litoral

A elaboração dos PP implica uma análise dos dados de qualidade do ar para que seja possível identificar quais as aglomerações que deverão ser sujeitas à realização dessas mesmas e à interpretação dos fenómenos que levam à ultrapassagem dos VL.

Neste capítulo é feita uma análise dos dados de qualidade do ar da APL desde 1995 até 2003 e da evolução do funcionamento da Rede de Qualidade do Ar. Pretende-se também avaliar se existe alguma tendência definida em termos de comportamento de algum poluente específico. São ainda avaliadas as excedências ao VL e feito um diagnóstico a essas ocorrências.

5.4.1. Análise do histórico de dados

Numa primeira análise avalia-se a tendência de comportamento dos vários poluentes atmosféricos monitorizados na rede de QAr da APL com base no histórico de dados existentes, i.e., desde 1995 até 2003.

Pela análise da Figura 27, verifica-se que o período mais adequado para avaliar a tendência de evolução das concentrações será o período de 1999 a 2003, pois só a partir desse ano é que passam a estar em exploração estações de tipo tráfego e fundo. Até então apenas estavam em funcionamento as estações da Rua dos Bragas e da Rua Formosa, ambas estações de tráfego. Pela eficiência das estações e o seu histórico de dados, será conveniente apenas considerar as estações de qualidade do ar da Rua Formosa, Leça do Balio, Ermesinde, Vila Nova da Telha, Custóias e Baguim, dado que apenas estas têm uma eficiência superior a 75%.

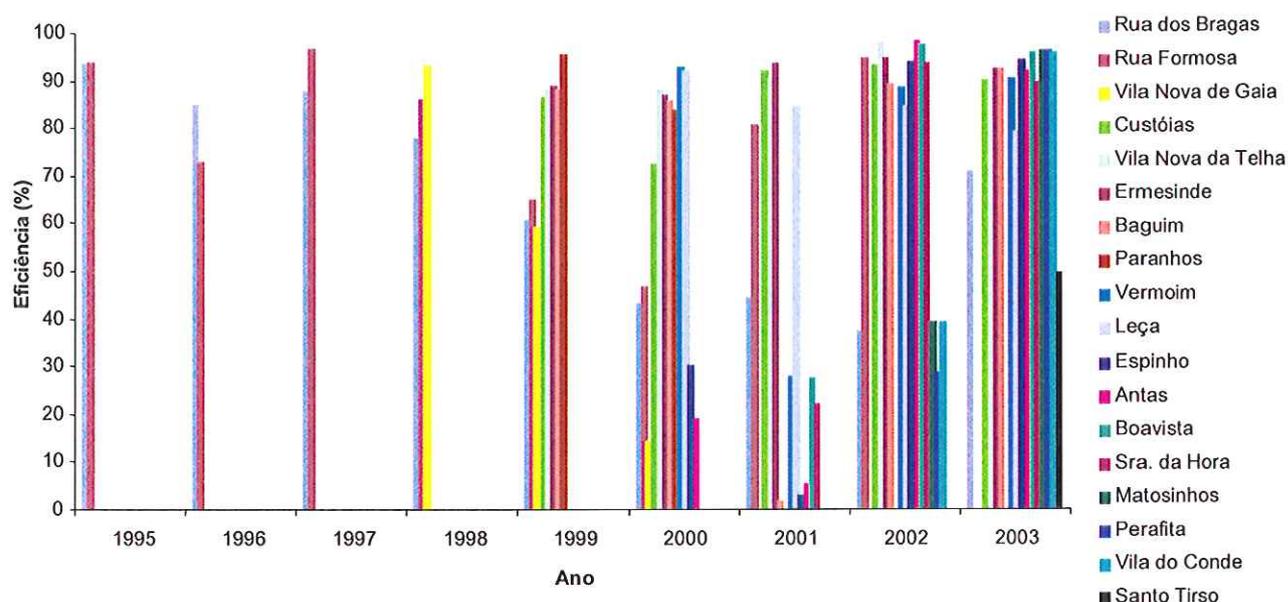


Figura 27: Eficiência médias das estações de qualidade do ar da APL entre 1995 a 2003

Para avaliar então a tendência temporal dos níveis de qualidade do ar, são calculados, para as estações referidas, com base nos dados anuais, os seguintes parâmetros estatísticos: a média, o percentil 98 (P98), o percentil 2 (P2), a mediana, o mínimo e o máximo. Esta análise estatística é feita com base nos valores limites que estão definidos na legislação e então por isso o CO será analisado em base octo-horária, no caso do SO₂ e PM₁₀ em base diária, e para o NO₂ e O₃ em base horária. Tendo em consideração que o percentil 98 representa o valor de concentração de poluentes que apenas é ultrapassado em 2% dos dados de concentração considerados, e que na mesma lógica, o percentil 50 representa o valor de concentração que é ultrapassado 50% da totalidade dos valores de concentração, estes parâmetros estatísticos traduzem informação geral acerca dos poluentes medidos, permitindo identificar o nível médio (P50) de poluição atmosférica, e a identificação de situações agudas (P98).

NO₂

Relativamente ao NO_x verifica-se que as emissões aumentaram cerca de 13%, no período de 1990 e 2002, a nível nacional. O sector dos transportes rodoviários é o responsável pela maior participação nas emissões deste poluente, 39% das emissões totais de 2002 [IA, 2004].

A Figura 28 permite analisar a evolução das concentrações de NO_2 , entre 1999 a 2003, onde se verifica que os valores médios anuais em Custóias, Leça do Balio e Ermesinde sofreram apenas ligeiras flutuações. Já pela análise da Figura 32, verifica-se que em Vila Nova da Telha as concentrações se mantiveram praticamente constantes, apesar de em 2001 se ter registado a maior concentração máxima, assim como o P98 mais elevado, o que demonstra a ocorrência de alguns episódios agudos de poluição. Este comportamento de episódios agudos foi acompanhado pela estação de Ermesinde cf. Figura 30. No entanto, esta situação não foi geral, dado que em Leça do Balio (Figura 31) as concentrações máximas e o P98 se mantiveram praticamente sem variações entre 2000 a 2002 tendo sofrido um ligeiro aumento apenas em 2003. Já a estação da Rua Formosa, que é uma estação com características de tráfego inserida numa rua tipo *canyon*, verifica-se que os seus valores médios aumentaram desde 1999 a 2002, ano em que foi desactivada.

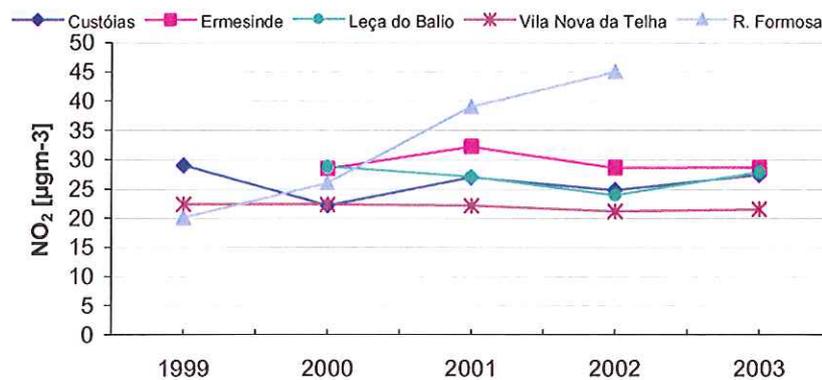


Figura 28: Representação gráfica da evolução da média anual da concentração de NO_2 obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.

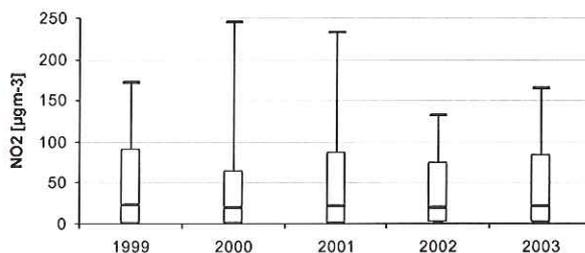


Figura 29: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da conc. de NO_2 em Custóias de 1999 a 2003.

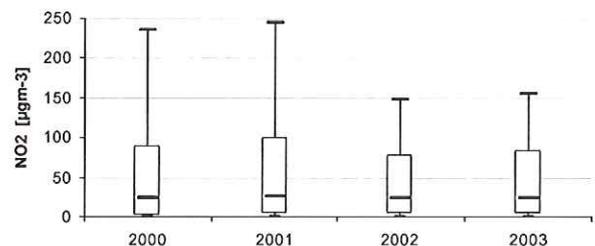


Figura 30: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da conc. de NO_2 em Ermesinde de 2000 a 2003.

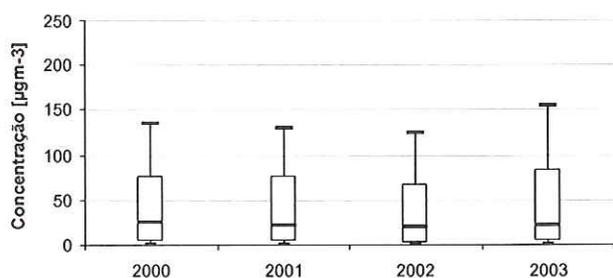


Figura 31: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de NO₂ em Leça do Balio de 2000 a 2003.

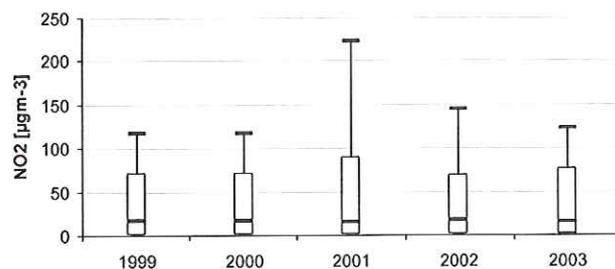


Figura 32: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de NO₂ em V.N. da Telha de 1999 a 2003.

CO

Apesar de se ter verificado um enorme crescimento do sector do transporte rodoviário desde os anos 90, a introdução de novos combustíveis e a regulamentação restritiva, no que se refere às emissões dos veículos a diesel, limitou o crescimento das emissões de CO. No período de 1990-2002 atingiram-se reduções totais nacionais de cerca de menos 14% para o CO. O sector dos transportes rodoviários é o responsável pela maior participação nas emissões nacionais deste poluente, sendo responsável por cerca de 43% das emissões totais em 2002 [Ferreira *et al.*, 2004]. Na Região Norte, esse sector atinge cerca de 70% da emissão deste poluente [Borrego *et al.*, 2003^b].

No entanto, como se pode observar na Figura 33, a evolução das concentrações médias anuais de CO não tem uma tendência definida ao longo dos anos de funcionamento destas estações. Contudo, é de salientar que se está a tratar dum curto período de tempo, e coincidente com anos, em que já não se deverá notar significativamente esse decréscimo.

Entre 1999 e 2002, os valores médios das estações analisadas diminuíram, voltando a subir ligeiramente em 2003. Nas estações de Custóias, Leça do Balio (cf. Figura 34 e 35) o comportamento do P98 é semelhante ao que ocorre com as médias assim como a mediana. Pela observação da Figura 36, constata-se que em Vila Nova da Telha, apesar dos valores médios em 2001 terem acompanhado o decréscimo das outras 3 estações observa-se nesse ano, situações agudas com concentrações mais elevadas que o ano antecedente e os 2 anos posteriores.

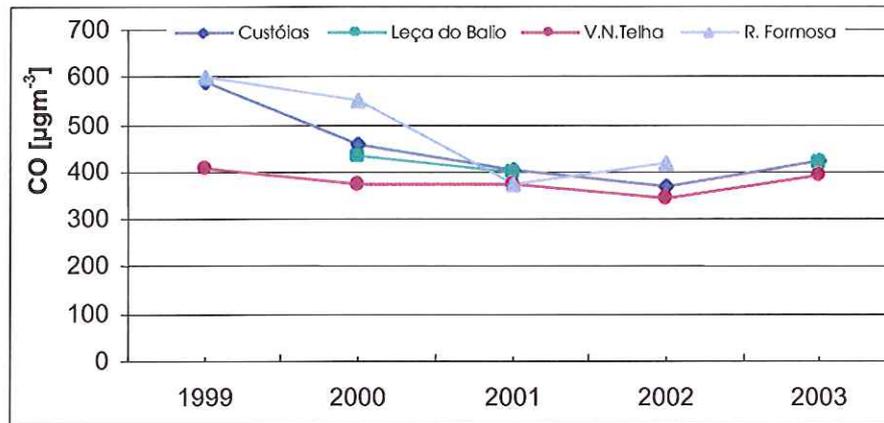


Figura 33: Representação gráfica da evolução da média anual da concentração de CO com base octo-horária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.

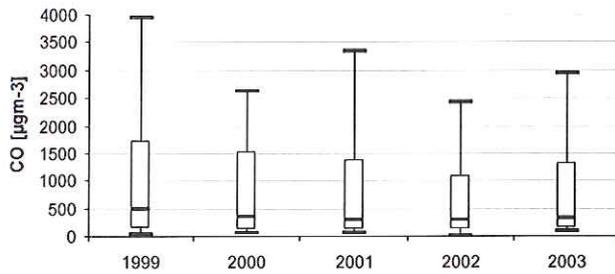


Figura 34: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de CO em Custóias de 1999 a 2003.

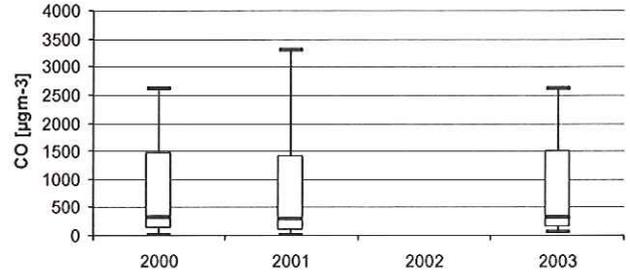


Figura 35: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de CO em Leça do Balio de 2000 a 2003.

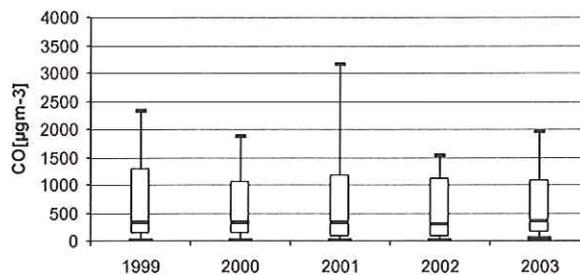


Figura 36: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de CO em V.N. da Telha de 1999 a 2003.

SO₂

As emissões de SO₂ são principalmente geradas no sector da indústria energética, e nos processos de combustão industrial, sendo 63% e 23% das emissões nacionais totais de 2002, respectivamente. Contudo a variação das emissões totais nacionais de SO₂ no período de 1990-2002 demonstra um decréscimo de cerca de 9%. [Ferreira *et al.*, 2004]

Pela análise da Figura 37, pode afirmar-se que ao longo do funcionamento das estações de monitorização, os níveis de SO₂ demonstram uma tendência decrescente apesar de em 2002 se terem registado valores médios superiores aos do ano anterior. Em Leça do Balio e Ermesinde, (cf. Figuras 39 e 40) registou-se um ligeiro aumento dos episódios de poluição aguda de SO₂, tendo influenciado também a média anual. Mas esta tendência inverteu-se de novo em 2003. Este comportamento reflecte a introdução de nova legislação, mais exigente no âmbito dos teores de enxofre de determinados tipos de combustíveis líquidos derivados do petróleo, (D.L.281/2000, 10 de Novembro) A introdução de gás natural e o seu crescente uso desde 1988, é um factor positivo que tem contribuído para o controlo das emissões de SO₂.

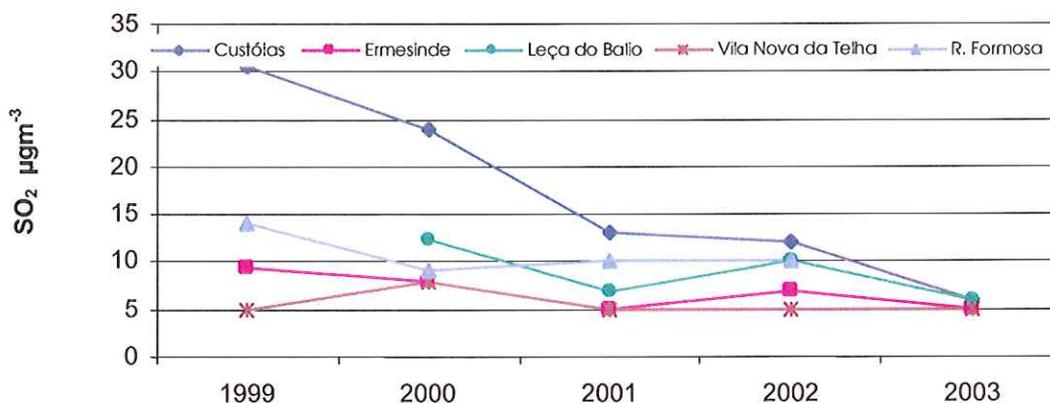


Figura 37: Representação gráfica da evolução da média anual da concentração de SO₂ com base diária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.

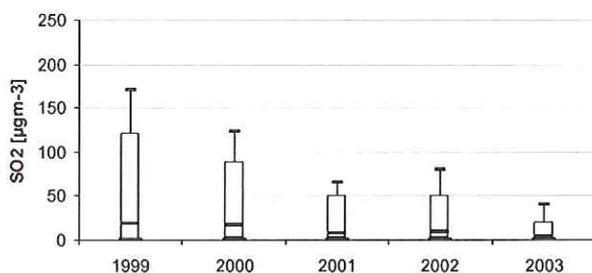


Figura 38: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de SO₂ em Custóias de 1999 a 2003.

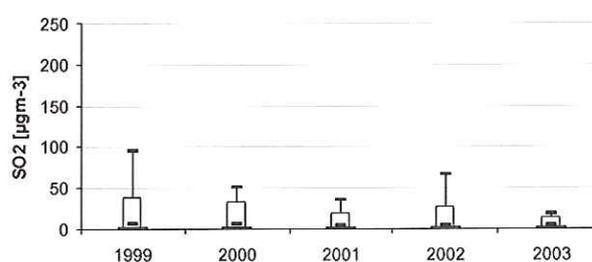


Figura 39: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de SO₂ em Ermesinde de 1999 a 2003.

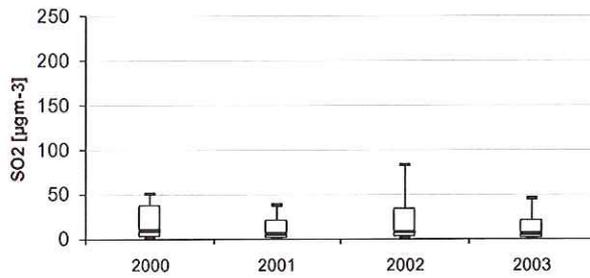


Figura 40: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de SO₂ em Leça do Balio de 2000 a 2003.

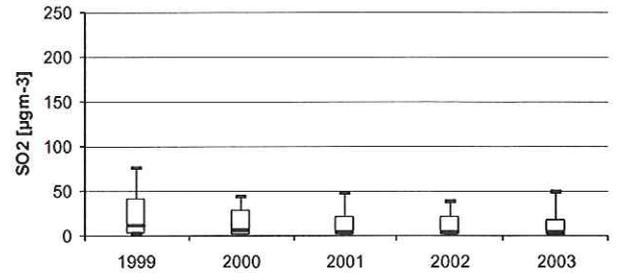


Figura 41: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de SO₂ em V.N. da Telha de 1999 a 2003.

O₃

Como se pode avaliar pelo comportamento dos níveis médios de O₃ entre 1999 e 2003 (Figura 42), a estação da Rua Formosa tem um comportamento diferente das outras estações, uma vez que o seu valor médio aumenta no período em análise. As estações de Custóias e Vila Nova da Telha têm um comportamento semelhante pois em ambas se verifica um decréscimo dos níveis médios de O₃ entre 1999 e 2001, que é contrariado em 2002, e que se mantém em 2003, no caso de Vila Nova da Telha. Na estação de Ermesinde observa-se um comportamento diferente das outras estações: os valores médios aumentam em 2001 e tornam a diminuir em 2002, quando nas outras estações se registam valores mais elevados que os anteriores. É também em 2001 que se observam valores mais elevados do P98 (cf. Figura 44), tendo, em 2003, atingindo quase os mesmos valores.

Da análise deste período de dados verifica-se que não há uma tendência definida em todas as estações.

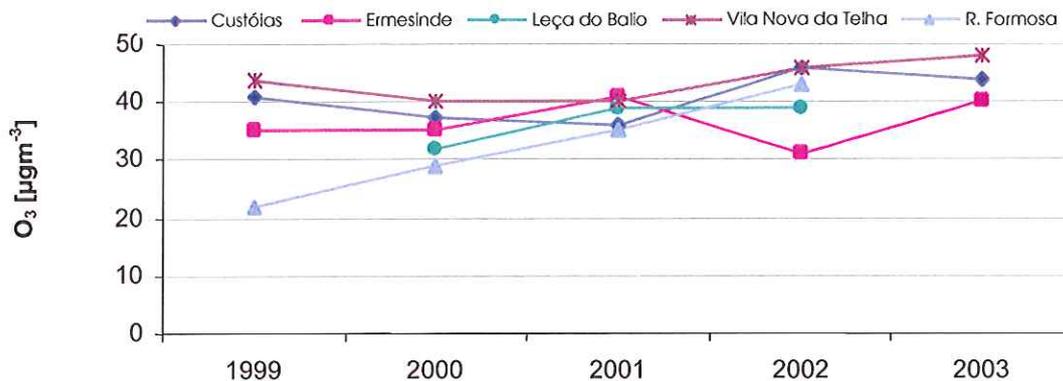


Figura 42: Representação gráfica da evolução da média anual da concentração de O₃ com base horária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.

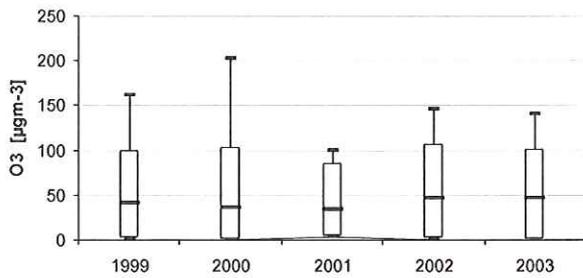


Figura 43: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de O₃ em Custóias de 1999 a 2003.

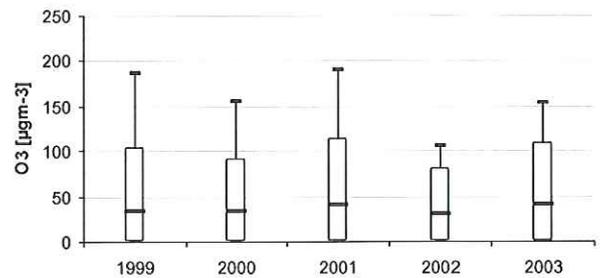


Figura 44: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de O₃ em Ermesinde de 1999 a 2003.

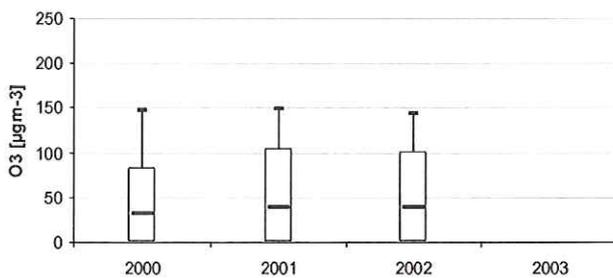


Figura 45: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de O₃ em Leça do Balio de 2000 a 2003.³

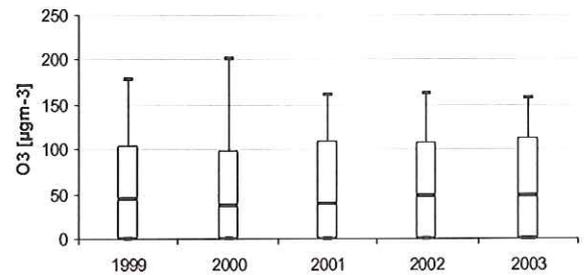


Figura 46: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de O₃ em V.N. da Telha de 1999 a 2003.

PM₁₀

Analisando a Figura 47 verifica-se que não existe nenhuma tendência definida nas concentrações anuais de PM₁₀, porque apesar de nas estações em que existem dados, haver um decréscimo de 1999 para 2000, desde então os valores voltaram a subir tendo atingido o valor máximo em 2001.

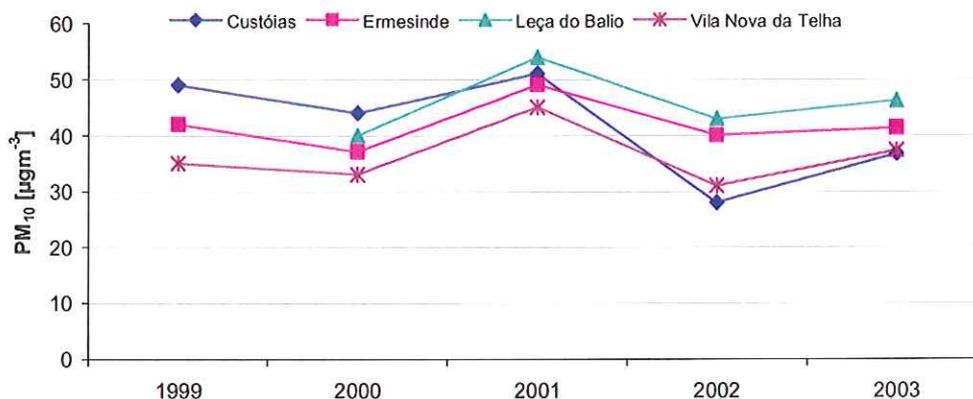


Figura 47: Representação gráfica da evolução da média anual da concentração de PM₁₀ com base diária obtida em várias estações de monitorização de qualidade do ar no período de 1999 a 2003.

³ Em 2003 a eficiência do analisador de O₃ foi de 47%, daí que não tenha sido feito tratamento estatístico para esse ano

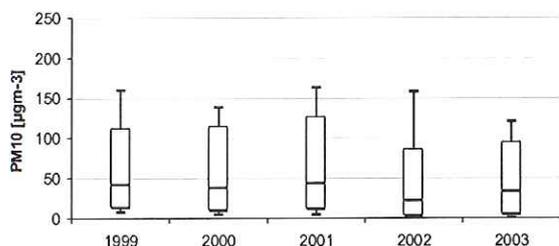


Figura 48: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de PM10 em Custóias de 1999 a 2003.

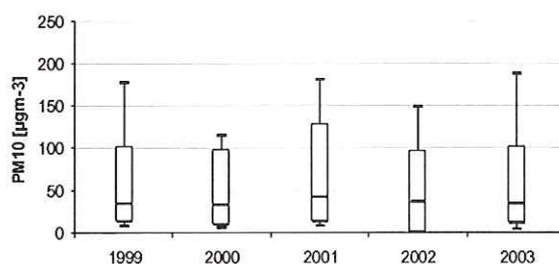


Figura 49: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de PM10 em Ermesinde de 1999 a 2003.

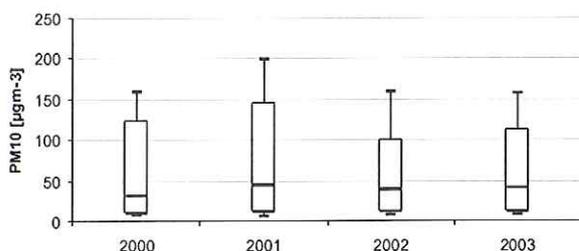


Figura 50: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de PM10 em Leça do Balio de 2000 a 2003.

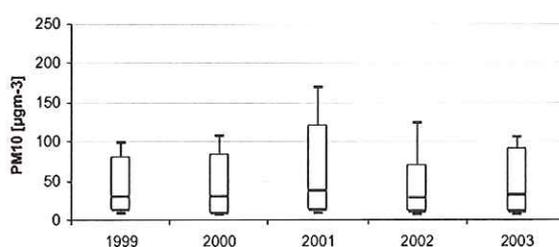


Figura 51: Representação gráfica do máximo, mínimo, P98, P2 e mediana da concentração de PM10 em V.N. da Telha de 1999 a 2003.

5.4.2. Excedências de PM₁₀ ao Valor Limite

Da análise estatística dos dados verifica-se que apenas as PM₁₀ e o O₃ revelam situações de incumprimento ao VL e ao VL+MT, para os anos de 2001 a 2003. O VL de base diária para as PM₁₀ é 50 µg.m⁻³, sendo a margem de tolerância variável conforme o ano. Assim o VL+MT em 2001 é de 70 µg.m⁻³, para 2002 é de 65 µg.m⁻³ e para 2003 de 60 µg.m⁻³. O número de ultrapassagens permitido é de 35 em cada ano civil, estando-se em incumprimento quando o número de excedências ao VL+MT for superior a esse. O VL para a protecção de saúde humana de base anual é de 40 µg.m⁻³ acrescido da respectiva MT para cada ano, sendo para 2001 de 46,4 µg.m⁻³, para 2002 de 44,8 µg.m⁻³ e para 2003 de 43,2 µg.m⁻³.

Tal como já foi referido, o O₃ não é um dos poluentes referidos nas Directivas que impõem a elaboração dos PP e portanto a avaliação estatística das excedências será feita apenas no sentido de compreender o fenómeno que leva às excedências das PM₁₀.

Na Tabela 5, apresentam-se para o período em análise, as eficiências obtidas por analisador em cada estação de monitorização, encontrando-se a negrito aqueles em que foi obtida uma eficiência inferior a 75% ou no caso de determinado poluente não ser monitorizado nessa estação.

Tabela 5: Eficiências dos vários analisadores por estação de monitorização de qualidade do ar para o período de 2001-2003.

Estação	Ano	Eficiência horária (%)					
		CO	NOx	O ₃	SO ₂	PM ₁₀	
Antas		6	5	6	n.m.	5	
Baguim		3	0	3	n.m.	n.m.	
Boavista		28	28	23	27	32	
Custóias		95	86	92	96	92	
Ermesinde		n.m.	91	95	92	97	
Espinho	2001	3	3	3	3	3	
R. Bragas		66	n.m.	61	7	n.m.	
R. Formosa		89	75	75	84	n.m.	
Leça Balio		83	78	90	87	85	
Sra. da Hora		24	11	n.m.	27	27	
Vermoim		29	29	29	29	25	
V. N. Telha		82	86	95	94	96	
Antas			96	98	99	n.m.	100
Baguim			92	77	99	n.m.	n.m.
Boavista			98	98	97	99	96
Custóias		85	97	98	92	95	
Ermesinde		n.m.	88	95	96	100	
Espinho		86	95	97	96	96	
Leça Balio		40	91	98	98	97	
Matosinhos	2002	39	41	45	35	37	
Perafita		8	32	35	34	35	
R. Bragas		42	46	30	32	n.m.	
R. Formosa		91	94	97	98	n.m.	
Sra. da Hora		91	89	n.m.	95	100	
Vermoim		55	98	98	99	93	
Vila do Conde		17	52	40	40	48	
V. N. Telha		95	98	99	99	99	
Antas			96		86	n.m.	95
Baguim			91	94	93	n.m.	n.m.
Boavista		95	95	95	97	98	
Custóias		91	90	92	90	89	
Ermesinde		n.m.	86	97	97	91	
Espinho		89	96	97	96	94	
Leça Balio	2003	72	88	47	100	90	
Matosinhos		95	98	100	97	92	
Perafita		92	99	99	95	97	
R. Bragas		55	93	68	69	n.m.	
Sra. da Hora		87	93	n.m.		90	
Vermoim		95	93	96	96	73	
Vila do Conde		91	98	98	98	96	
V. N. Telha		87	95	95	84	73	

De forma a facilitar a análise da evolução do número de ultrapassagens ao VL diário, apresenta-se a representação gráfica das estações que monitorizam PM₁₀ e que têm eficiência superior a 75%. Assim, com base na Figura 52, verifica-se que em 2001 nas estações de Custóias, Ermesinde, Leça do Balio e

Vila Nova da Telha se excederam mais de 35 vezes o VL. Em 2002, o número de excedências diminuiu globalmente nestas quatro estações, mas só nas de Custóias e Vila Nova da Telha o número de excedências é inferior a 35, pelo que nesse ano não houve incumprimento. Em 2002 entraram em exploração novas estações e todas com eficiências de funcionamento acima de 75%. Todas as novas estações (Antas, Boavista, Espinho, S.^a da Hora, Vermoim) estiveram em incumprimento como se pode observar na Figura 52. Em 2003 a estação de Custóias volta a estar em incumprimento. Relativamente à estação de Vila Nova da Telha é possível concluir que se encontrou em incumprimento, apesar de ter tido uma eficiência inferior a 75%, pois durante o tempo em que esteve em funcionamento registaram-se 60 excedências ao VL diário.

Assim, para as estações que é possível comparar os resultados de 2001 a 2003, verifica-se um decréscimo nesses 3 anos, sendo mais acentuado entre 2001 e 2002, com excepção de Custóias e Vila Nova da Telha que de 2002 para 2003 registou um aumento no número de dias de excedência ao VL. É de salientar que as estações onde se registaram as diminuições mais acentuadas em termos de dias de ultrapassagem ao VL diário, entre 2002 e 2003, foram as estações de tráfego.

Em Espinho verifica-se que ocorreu um aumento significativo de ultrapassagens ao VL+MT nesse período (cf. Figura 53).

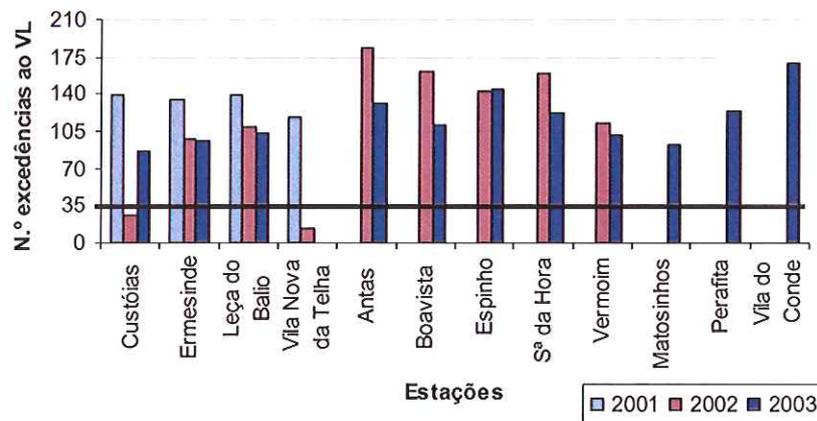


Figura 52: Número de excedências ao Valor Limite, numa base diária, de 2001 a 2003

Da análise das Figuras 53 e 54 verifica-se que, em 2001, a estação de Vila Nova Telha, em 2002, as estações de Ermesinde e Leça do Balio e, em 2003, as estações de Custóias, Ermesinde, Boavista, Vermoim e Matosinhos, apesar de estarem em incumprimento em relação ao VL + MT em base diária não apresentam ultrapassagem ao VL + MT em base anual.

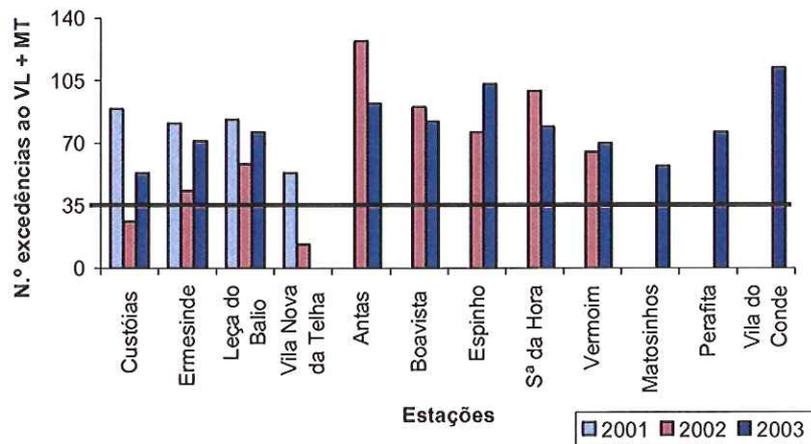


Figura 53: Número de excedências ao Valor Limite + Margem de Tolerância, numa base diária, de 2001 a 2003

Assim, verifica-se uma diminuição do número de excedências quer ao VL diário quer para o VL anual no período de análise, excepto na estação de Espinho.

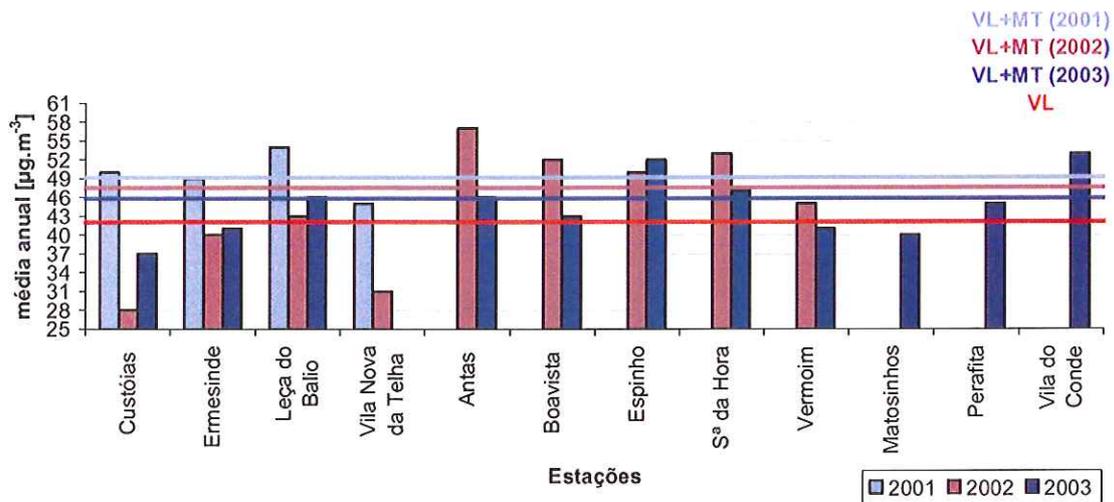


Figura 54: Excedências ao Valor Limite e Valor Limite + Margem de Tolerância, numa base anual, de 2001 a 2003

Da análise das três figuras anteriores conclui-se que existe uma diminuição do número de excedências, quer ao VL diário, quer ao VL anual no período em análise.

5.4.3. Análise detalhada das excedências ao VL

De forma a interpretar a escala espacial do fenómeno, i.e., se têm uma abrangência local ou regional, importa avaliar a evolução temporal da concentração de PM_{10} no conjunto das várias estações. Na Figura 55 apresentam-se os dados referentes ao ano de 2003. Da análise do gráfico conclui-se que grande parte dos episódios ocorre simultaneamente em várias estações, o que indicia um carácter regional do fenómeno. Estes fenómenos podem resultar do tipo de emissões de poluentes atmosféricos ou mesmo das características meteorológicas que determinam a dispersão dos poluentes atmosféricos.

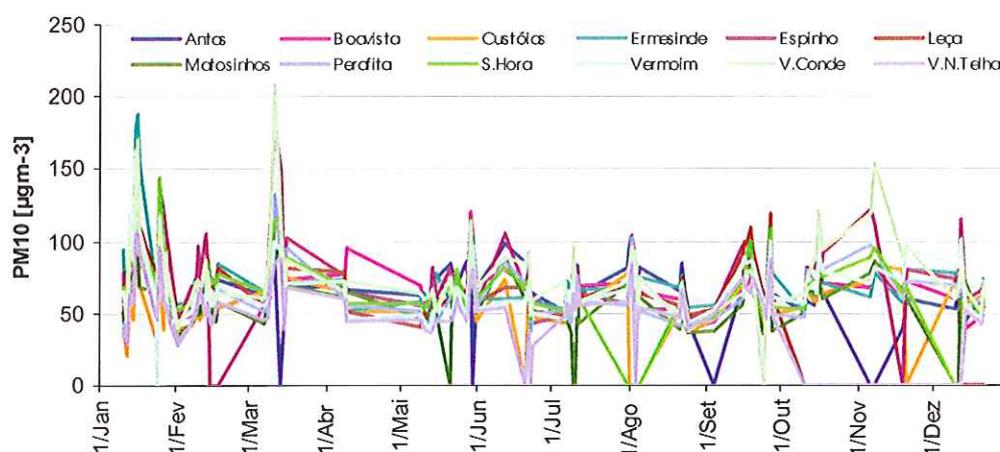


Figura 55: Evolução temporal das concentrações médias diárias de PM_{10} em 2003.

Com o objectivo de averiguar a origem dos poluentes atmosféricos medidos em cada estação realizaram-se correlações temporais entre os vários poluentes podendo aferir-se se esses são emitidos por fontes semelhantes ou não, admitindo que a existência de correlação alta entre dois poluentes corresponde a fontes semelhantes.

Numa atmosfera urbana, a presença de CO encontra-se fortemente associada ao tráfego automóvel e à existência de combustões incompletas, sendo por isso bastante dependente do estado de manutenção do motor dos veículos motorizados [Seinfeld e Pandis, 1998]. Dado que o sector dos transportes rodoviários é responsável, na Região Norte, por cerca de 70% da emissão deste poluente e cerca de 66% do NO_x [Borrego *et al.*, 2003^b], pode-se considerar o CO como um indicador das emissões provenientes do tráfego automóvel. Assim, foi determinada a correlação entre as PM_{10} e o CO e as PM_{10} e o NO, separando as estações de tráfego das estações de fundo.

Como se pode verificar pela análise das Figura 56 e Figura 57, as estações de tráfego têm correlações entre o CO e PM₁₀ aproximadas de 50%, excepto a estação de Vermoim que tem um comportamento que mais se assemelha com o comportamento das estações de fundo, o que indicia que a classificação desta estação deve ser reavaliada de forma a esclarecer se é correcto considerá-la uma estação de tráfego. As correlações entre PM₁₀ e NO são ligeiramente mais baixas quando comparadas com CO.

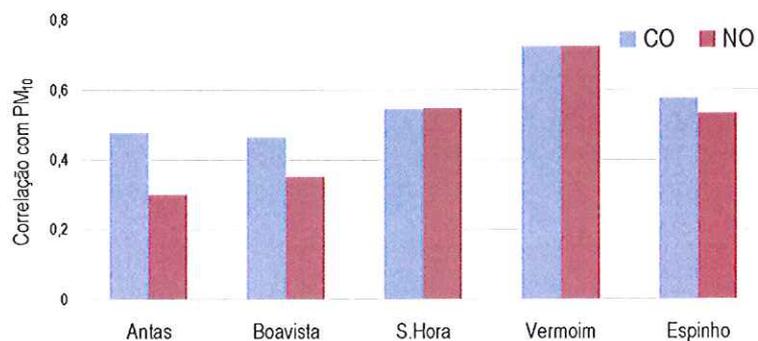


Figura 56: Representação gráfica da correlação entre PM₁₀ e CO e PM₁₀ e NO nas estações de tráfego da AMP.

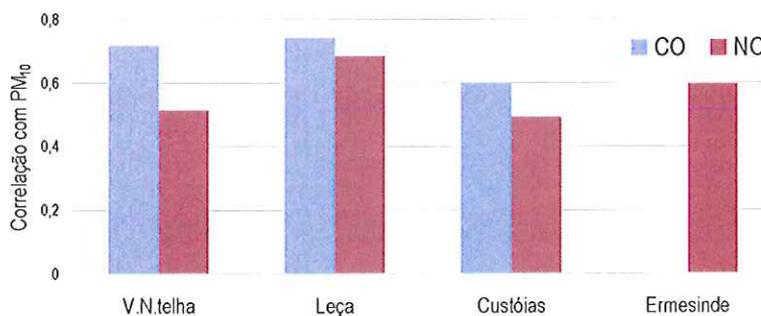


Figura 57: Correlação entre PM₁₀ e CO e PM₁₀ e NO nas estações de fundo da AMP.

A análise das Figuras 58 e 59 sugerem que a concentração de PM₁₀ em locais de tráfego sofre menor influência das emissões directas associadas a este que nas estações de fundo. Este facto, provavelmente, deve-se às emissões resultantes da ressuspensão de poeiras das estradas ter um maior peso nas concentrações de PM₁₀ medidas nas estações de tráfego, já que estas se encontram a menos de 5 m da berma, enquanto que as estações de fundo estão mais afastadas de qualquer infra-estrutura rodoviária. Uma vez que esta correlação foi determinada com todos os dados de 2003 e, porventura,

pode estar a mascarar alguma variação sazonal, determinaram-se as correlações mensais entre o CO e NO e CO e PM₁₀ (Figura 58) nas estações de tráfego, assim como entre o NO e PM₁₀ (Figura 59), dado que os níveis de NO na atmosfera estão associados à combustão e por consequência às emissões provenientes do tráfego.

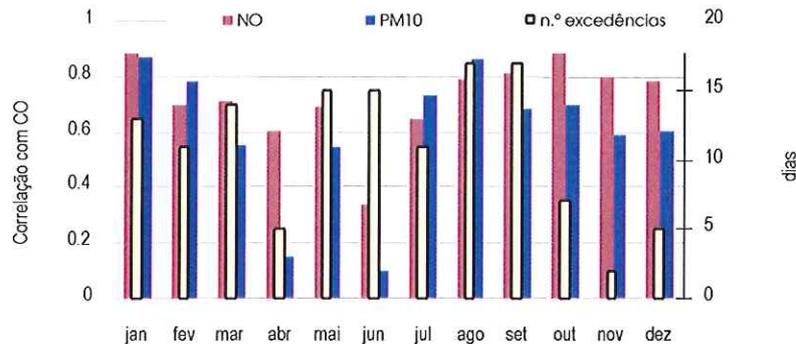


Figura 58: Representação gráfica da correlação entre PM₁₀ e CO e CO e NO e o n.º de excedências de PM₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação das Antas

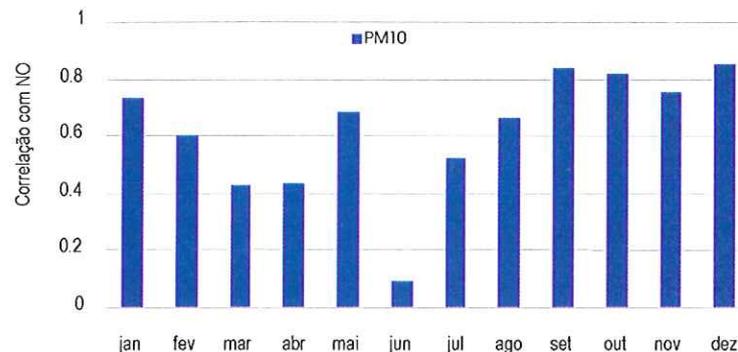


Figura 59: Representação gráfica da correlação entre PM₁₀ e NO na estação das Antas

Como se pode verificar pela análise da Figura 58, Abril e Junho são meses com correlações entre o CO e PM₁₀ muito baixas, e também no mês de Junho se verificam correlações baixas entre o CO e o NO. Já em Janeiro e Agosto as correlações entre o CO e PM₁₀ são relativamente elevadas, acima dos 80%, assim como em Fevereiro, Julho, Setembro e Outubro as correlações são da ordem dos 70%, i.e., em mais de 50% do ano se verificam correlações com algum significado estatístico. Para tentar perceber o mês de Junho cujas correlações entre o CO e os 2 outros poluentes em causa foram baixas determinou-se a correlação entre o NO e PM₁₀ e o que se verifica pela Figura 59 é que a correlação entre eles os

dois é praticamente desprezável. Estas correlações permitem aferir que a principal fonte emissora de PM_{10} é diferente da fonte de NO e por sua vez também diferente do CO, ou seja durante esse mês houve outra fonte além das emissões directas de tráfego a influenciar os níveis de NO e que mesmo assim não deverá ter sido a mesma fonte que influenciou os níveis de PM_{10} .

No mês de Junho observaram-se condições meteorológicas adversas, com temperaturas elevadas e baixos valores de humidade relativa associada a ventos com circulação continental, tendo-se registado um número significativo de grandes incêndios (DGF, 2003). Sendo esta a provável fonte de PM_{10} responsável pelo excedências ao VL diário registadas nesse mês

Comparando o n.º de excedências ao VL de PM_{10} com as várias correlações verifica-se que não há um comportamento tipo (Figura 58), pois os meses em que se verificaram o maior número de excedências coincidem com duas situações distintas: Agosto, cuja correlação entre o CO e PM_{10} é elevada e Junho cuja correlação entre o CO e PM_{10} é praticamente desprezável.

Pela análise da Figura 60 verifica-se que o comportamento é semelhante ao da estação da Boavista, pois em Abril e Junho também se verificam correlações mais baixas entre o CO e PM_{10} . No entanto, para Janeiro, Agosto e Dezembro obtiveram-se correlações superiores a 80% (25% do ano) e para Maio, Julho, Setembro e Novembro correlações superiores a 65% (33% do ano). Apesar da estação de monitorização de qualidade do ar da Boavista ser também de tipo tráfego, e se localizar junto a uma via rodoviária, é de salientar que a cerca de 100 m desta, decorreram, desde 2002, obras de demolição da linha ferroviária da Póvoa e sequente construção da nova linha e estação do metro, assim como a construção da Casa da Música. O facto destas obras decorrerem tão perto da estação de monitorização pode ter induzido um incremento nos níveis de PM_{10} . O aumento das concentrações de partículas está normalmente associado à construção, demolição e outras actividades do género criando problemas ambientais indesejáveis nas proximidades das áreas onde se desenvolvem. Destas actividades resultam emissões significativas de material particulado para a atmosfera, nomeadamente poeiras emanadas pelas acções mecânicas das máquinas com a superfície, do movimento dos veículos, do manuseamento de materiais e ainda da acção do vento sobre o solo [Fuller *et al.*, 2004].

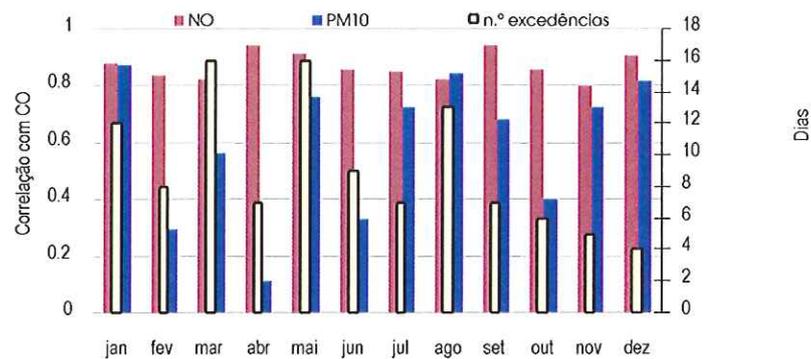


Figura 60: Representação gráfica da correlação entre PM₁₀ e CO e CO e NO e o n.º de excedências de PM₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação da Boavista

Como se pode verificar pela análise da Figura 61, na estação da S.^a da Hora verificam-se correlações entre CO e PM₁₀ relativamente elevadas (aproximadamente 80%) apenas em Janeiro, Março, Agosto e Dezembro (33% do ano). Nos outros 33% do ano, Fevereiro, Abril, Junho e Julho têm correlação baixa. O mês de Julho tem uma correlação praticamente negligenciável. No entanto, tal como se observa na Figura 62, esta estação em outros meses, nomeadamente Setembro tem correlações relativamente elevadas entre o NO e PM₁₀ (aproximadamente 80%), o que pode indicar alguma relação entre as emissões provenientes do tráfego ou estar associada à combustão industrial, dado que esse tipo de fonte tem uma contribuição de cerca de 23% nas emissões de NO_x na Região Norte [Borrego *et al.*, 2003^b]. Os meses em que se verificaram maior número de ultrapassagem do VL de PM₁₀ foram Janeiro, Março e Maio cujas correlações estiveram acima dos 75%. Tal como acontece com as outras estações não há um comportamento definido entre as correlações entre o CO e o NO e o CO e as PM₁₀.

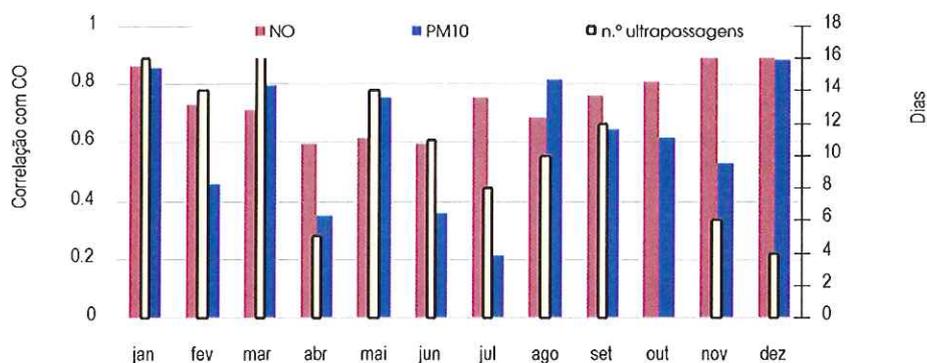


Figura 61: Representação gráfica da correlação entre as concentrações de PM₁₀ e CO e CO e NO e o n.º de excedências de PM₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação da S. da Hora.

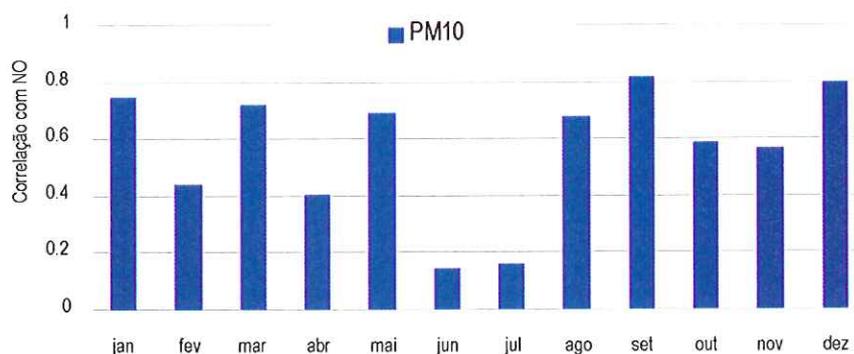


Figura 62: Representação gráfica da correlação entre as concentrações de PM₁₀ e NO na estação das S. da Hora

Analisando as correlações entre o CO e PM₁₀, pela Figura 63, constata-se que na estação de Vermoim em Janeiro, Agosto e Dezembro as correlações entre o CO e PM₁₀ são superiores 90% e em Fevereiro, Setembro e Outubro as correlações entre o CO e PM₁₀ são superiores a 80%, i.e. 50% dos meses têm correlação superior a 80%. Nos restantes meses verificaram-se correlações, que apesar de mais baixas estão sempre acima dos 50%. O mês cuja correlação é mais fraca é o mês de Junho, tal como acontece nas outras estações. Relativamente à correlação entre o CO e NO, verifica-se que é menor que a correlação entre o CO e PM₁₀, excepto no mês de Novembro.

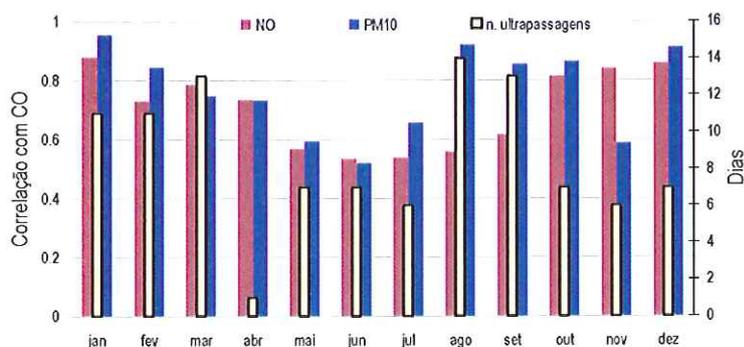


Figura 63: Representação gráfica da correlação entre CO e PM₁₀ e CO e NO e o n.º de excedências de PM₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação de Vermoim

No que diz respeito à estação de Espinho, cf. Figura 64, a correlação entre o CO e PM₁₀ é geralmente inferior às correlações das outras estações. Apesar de em Janeiro, Agosto e Setembro as correlações serem próximas dos 80% e neste período tudo indicar que os níveis de concentração tiveram a mesma

fonte de emissão que o CO. As baixas correlações devem-se, provavelmente, à sua localização próxima do mar, podendo sofrer influência do spray marinho.

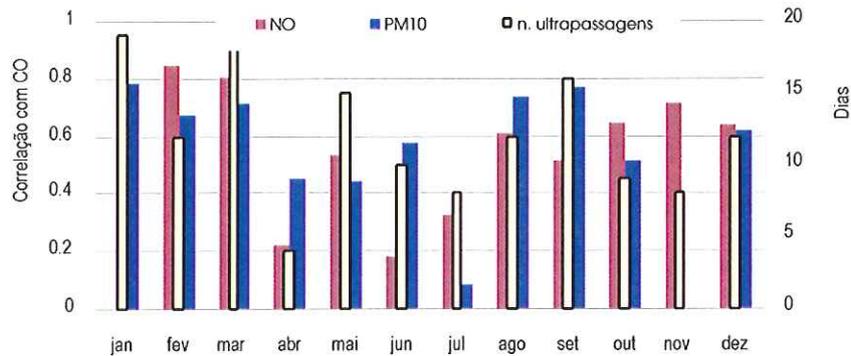


Figura 64: Representação gráfica da correlação entre as concentrações de CO e PM₁₀ e CO e NO e o n.º de excedências de PM₁₀ mensal ao longo do ano de 2003 na estação de Espinho

Desta análise é possível concluir que deverá existir uma tipologia de fontes emissoras de PM₁₀ diferente das emissões directas de tráfego automóvel, dado haver alguns meses em que as correlações entre o CO e PM₁₀ são baixas. O facto de serem as estações de tipo tráfego onde se verificam o maior número de ultrapassagens ao VL de PM₁₀ é provável que seja devido à ressuspensão de poeiras depositadas nas vias rodoviárias e que em algumas estações, nomeadamente nas Antas e Boavista deverá haver um incremento de poeiras devido às obras adjacentes às estações.

Estas ultrapassagens de PM₁₀ ao VL são muitas vezes acompanhadas pelo aumento dos níveis de concentração de outros poluentes podendo estar também relacionado com dificuldade de dispersão dos poluentes atmosféricos emitidos por fontes próximas do solo.

5.5. Análise meteorológica

Os níveis de concentração de poluentes na atmosfera, numa determinada região, estão relacionados não só com as emissões, mas também com as condições meteorológicas existentes, que determinam as condições de dispersão. O estudo das circulações atmosféricas à escala local permite descrever os padrões de transporte atmosférico e os eventuais fenómenos de recirculação que lhe estão associados. Assim, de forma a melhor avaliar os episódios de ultrapassagem dos valores limite de partículas analisa-se de seguida as condições meteorológicas da Aglomeração Porto Litoral durante o período de estudo.

Devido à dificuldade de obter dados meteorológicos horários monitorizados nas estações meteorológicas do Instituto de Meteorologia, foi aplicado o modelo The Air Pollution Model (TAPM) (Hurley, 2002) desenvolvido pela CSIRO – Atmospheric Research para obtenção dos diversos parâmetros meteorológicos.

O TAPM é um modelo de dispersão tridimensional que se baseia na resolução das principais equações da dinâmica de fluidos e de transporte para prever a meteorologia e a concentração de poluentes ao nível do solo. Através da integração de dois módulos principais, um meteorológico e um de poluição atmosférica, o TAPM estima os parâmetros meteorológicos importantes para a simulação da dispersão, tanto à escala local como à escala regional. Para as previsões meteorológicas, anteriormente referidas, o modelo utiliza bases de dados globais de orografia, uso do solo, temperatura superficial e condições sinópticas. Este modelo tem vindo a ser aplicado, a nível internacional, tendo demonstrado bons resultados, na estimativa de SO₂, partículas, NO₂ e O₃, em comparação com medições reais. Em Portugal, o TAPM foi já testado em estudos à escala local e regional tendo sido validado para todo o território produzindo resultados bastante razoáveis (Ribeiro, 2005). Assim, através da aplicação do modelo referido estimaram-se dados de temperatura, velocidade e direcção de vento, humidade relativa, numa estações de fundo, Custóias e duas estações de tráfego, Antas e Espinho. Como a estação de Espinho tem um comportamento muito particular optou-se, assim, por se apresentar esses gráficos. Para distinguir os diferentes comportamentos nas situações de Verão e Inverno estimaram-se os parâmetros meteorológicos de direcção e velocidade de vento, humidade e temperatura, para o mês de Janeiro e para os meses de Junho e Julho de 2003. Apresentam-se correlações entre os dados meteorológicos e os níveis de concentração de PM₁₀ para períodos de excedência ao VL, nos meses anteriormente referidos.

Analisando as correlações entre as concentrações de PM₁₀ registadas e os dados de temperatura estimados, (Figuras 65 a 70), observa-se que estatisticamente as correlações apesar de não terem grande significado permitem tirar algumas ilações interessantes. Antes de mais, observa-se que as correlações de Inverno e de Verão são opostas, permitindo desde aí concluir que a temperatura influencia de forma distinta no período de Inverno e de Verão. Assim, constata-se que em situação de Inverno

- Tanto na estação das Antas como na estação de Custóias as concentrações mais elevadas de PM₁₀ coincidem com as temperaturas mais baixas;

- Em Espinho o comportamento é distinto, pois ocorrem situações cuja concentração de PM_{10} é superior a $200 \mu\text{g.m}^{-3}$ numa gama de temperatura alargada [$2-20^\circ\text{C}$], embora essas concentrações se verifiquem com mais frequência também em situações de temperatura baixa;
- Em Custóias, quando se verificam temperaturas superiores a 16°C observam-se concentrações de PM_{10} inferiores a $100 \mu\text{g.m}^{-3}$ e quando a temperatura é inferior a 10°C as concentrações são superiores a $150 \mu\text{g.m}^{-3}$;
- Nas Antas, quando se verificam temperaturas superiores a 16°C observam-se concentrações de PM_{10} inferiores a $130 \mu\text{g.m}^{-3}$ quando a temperatura é inferior a 10°C as concentrações são superiores a $150 \mu\text{g.m}^{-3}$. Relembra-se que esta estação é de tráfego e que por isso os valores de PM_{10} registados são normalmente mais elevados que nas estações de fundo.

Em contraposição, no período de Verão verifica-se que:

- Normalmente, quanto mais elevada é a temperatura, maiores são as concentrações de PM_{10} observadas;
- Na estação de Custóias verifica-se que para temperaturas superiores a 24°C os níveis de PM_{10} são mais elevados, estando essencialmente num intervalo de [$20-150 \mu\text{g.m}^{-3}$];
- Na estação das Antas verifica-se que para temperaturas superiores a 24°C os níveis de PM_{10} são também mais elevados, estando essencialmente num intervalo de [$50-150 \mu\text{g.m}^{-3}$] e quando a temperatura é superior a 28°C as concentrações são, geralmente, superiores a $150 \mu\text{g.m}^{-3}$;
- Em Espinho quando a temperatura é superior a 24°C , as concentrações de PM_{10} é maioritariamente superior a $50 \mu\text{g.m}^{-3}$;
- A maior mancha de valores correspondentes às situações de concentração inferior a $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ corresponde a temperaturas compreendidas entre os 16 e os 18°C .

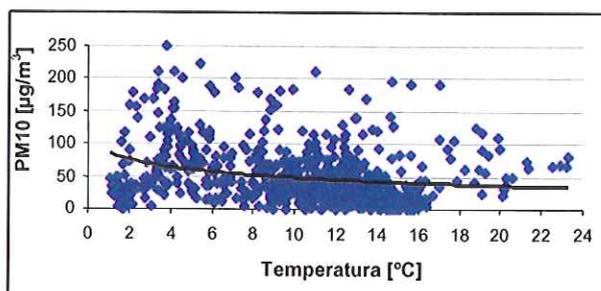


Figura 65: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Antas e a temperatura em Janeiro de 2003.

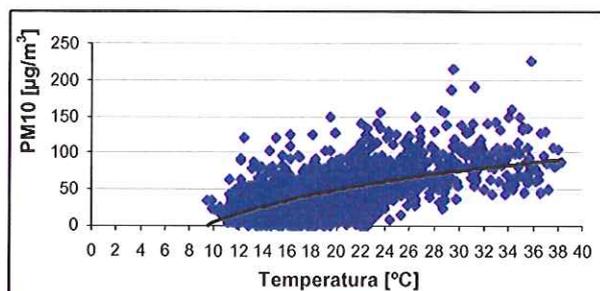


Figura 66: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Antas e a temperatura em Junho e Julho de 2003.

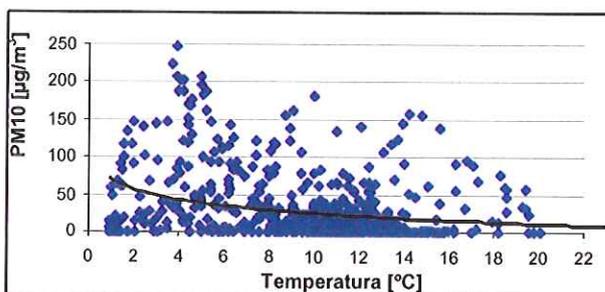


Figura 67: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ e Custóias e a temperatura em Janeiro de 2003.

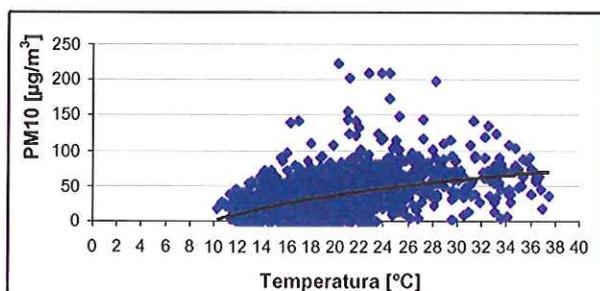


Figura 68: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Custóias e a temperatura em Junho e Julho de 2003.

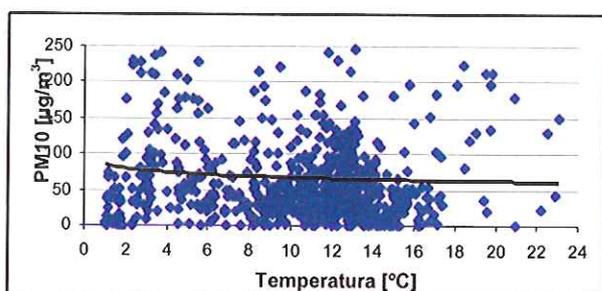


Figura 69: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ de Espinho e a temperatura em Janeiro de 2003.

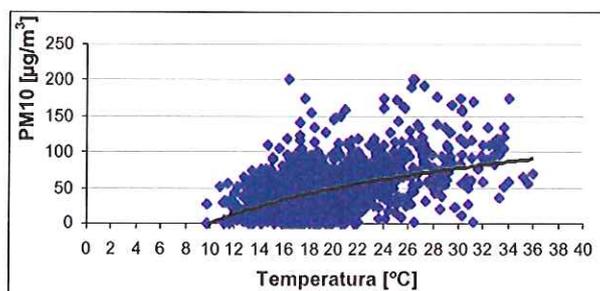


Figura 70: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Espinho e a temperatura em Junho e Julho de 2003.

Relativamente à correlação entre os níveis de PM₁₀ registados e a humidade relativa, verifica-se que o comportamento é semelhante nas três estações em avaliação (Figuras 71 a 76). Embora, o comportamento de Espinho não seja tão bem definido, pode afirmar-se que tanto no período de Verão como no período de Inverno os níveis mais elevados de PM₁₀ registam-se em situações de menor humidade relativa.

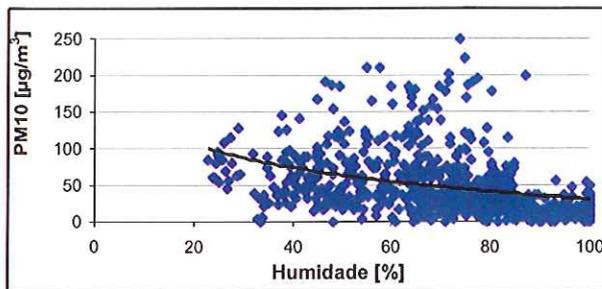


Figura 71: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Antas e a Humidade Relativa em Janeiro de 2003

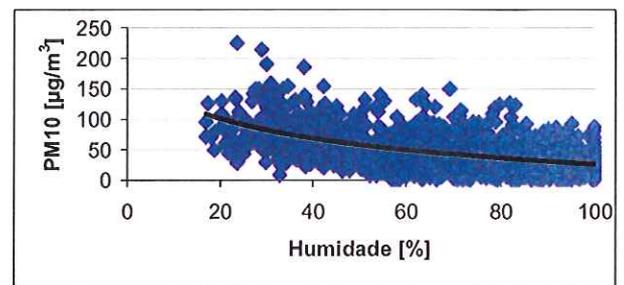


Figura 72: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Antas e a Humidade Relativa em Junho e Julho de 2003

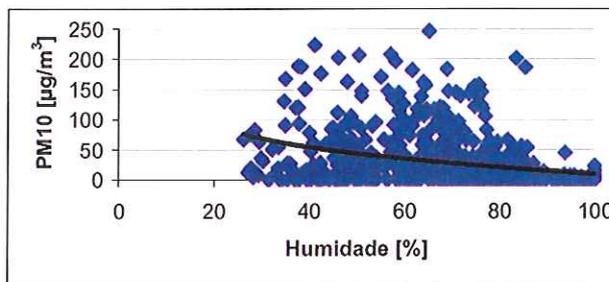


Figura 73: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ e Custóias e a Humidade Relativa em Janeiro de 2003

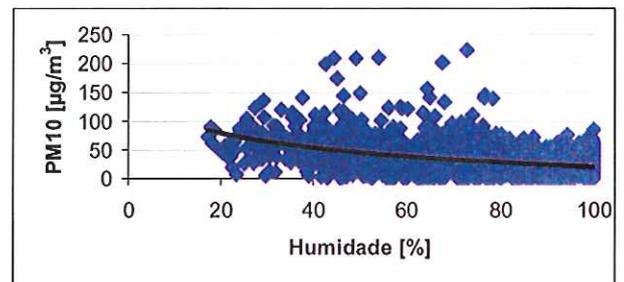


Figura 74: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Custóias e a Humidade Relativa em Junho e Julho de 2003

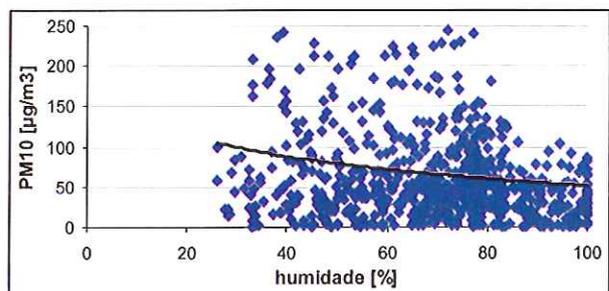


Figura 75: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ de Espinho e a Humidade Relativa em Janeiro de 2003

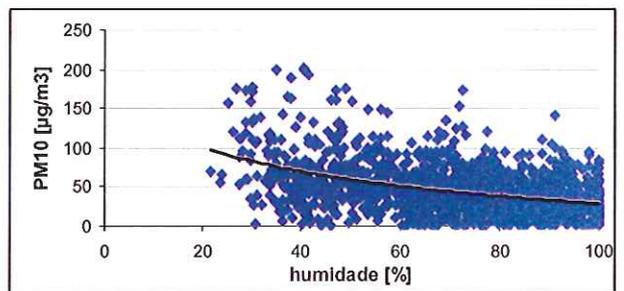


Figura 76: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Espinho e a Humidade Relativa em Junho e Julho de 2003

No que diz respeito, à correlação entre a velocidade do vento e as concentrações de PM₁₀ (Figuras 77 a 82) verifica-se que no Inverno há um comportamento razoavelmente bem definido. Enquanto que o mesmo já não ocorre no período de Verão. É então de salientar o seguinte, no Inverno, tanto nas Antas como em Custóias:

- As concentrações mais elevadas registam-se em situações de vento moderado ($v < 4 \text{ m.s}^{-1}$);
- Quando a velocidade é superior a 6 m.s^{-1} praticamente não se observam concentrações de PM₁₀ superiores a 50 µg.m^{-3} .

Em Espinho, tal como acontece com os outros parâmetros meteorológicos o comportamento não é tão definido, mas é de salientar o seguinte:

- Tal como acontece nas outras estações, níveis de PM_{10} superiores a $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ ocorrem preferencialmente em situações de vento moderado;
- Só em situações de vento muito forte ($v > 14 \text{ m.s}^{-1}$) é que não se registam concentrações superiores a $50 \mu\text{g.m}^{-3}$;
- Sempre que se registam concentrações superiores a $150 \mu\text{g.m}^{-3}$ a $v < 6 \text{ m.s}^{-1}$, o que está de acordo com o comportamento das outras estações.

No período de Verão não há um comportamento tão definido, mas salienta-se que:

- Nas Antas e em Custóias, em situações de vento moderado geralmente os níveis de PM_{10} são inferiores a $50 \mu\text{g.m}^{-3}$;
- Nas Antas, em contraposição ao que acontece no Inverno, em situações de vento forte, 6 m.s^{-1} , geralmente as concentrações são superiores a $50 \mu\text{g.m}^{-3}$;
- Em Custóias, acontece o mesmo que nas Antas, mas com ventos superiores a 8 m.s^{-1} ;
- Nas Antas as maiores concentrações registam-se com velocidades de vento moderado tal como acontece no período de Inverno;
- Em Espinho não se verifica um comportamento bem definido;
- Em todas as estações verifica-se que com o aumento da velocidade do vento a concentração mínima de PM_{10} aumenta.

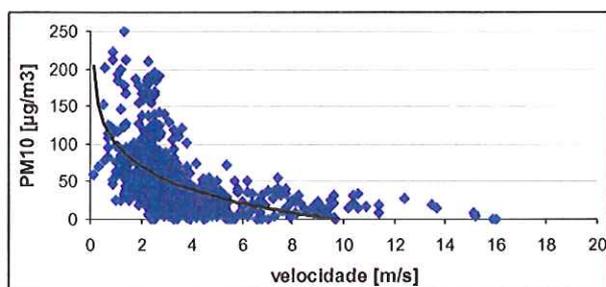


Figura 77: Correlação entre as concentrações de PM_{10} das Antas e a velocidade em Janeiro de 2003.

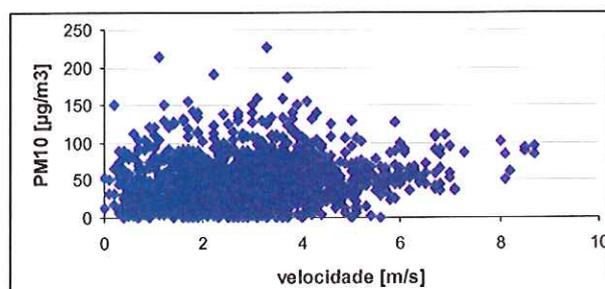


Figura 78: Correlação entre as concentrações de PM_{10} das Antas e a velocidade em Junho e Julho de 2003.

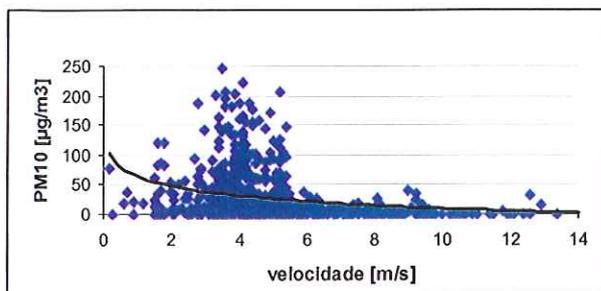


Figura 79: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ e Custóias e a velocidade do vento em Janeiro de 2003.

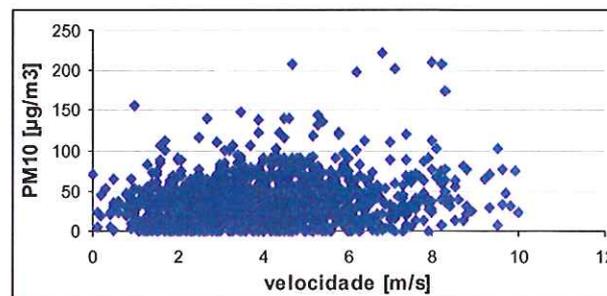


Figura 80: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Custóias e a velocidade do vento em Junho e Julho de 2003.

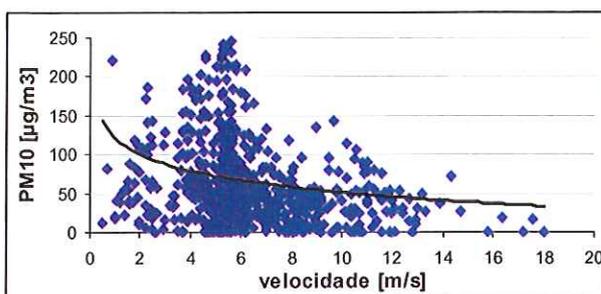


Figura 81: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ de Espinho e a velocidade do vento em Janeiro de 2003.

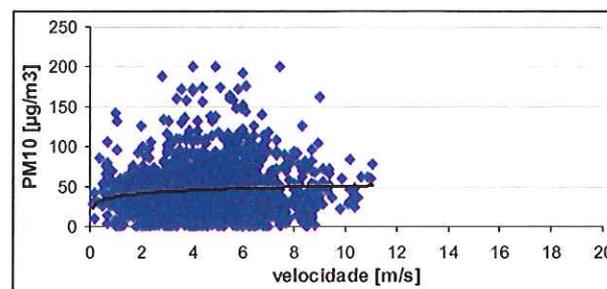


Figura 82: Correlação entre as concentrações de PM₁₀ das Espinho e a velocidade do vento em Junho e Julho de 2003.

Assim, pode-se concluir que no período de Verão:

- Quanto maior a temperatura, maiores os níveis de PM₁₀
- Quanto maior a % da humidade relativa, menores os níveis de PM₁₀
- Os níveis mais elevados de PM₁₀ ocorrem com ventos moderados, mas a concentração mínima aumenta com ventos fortes.

E no período de Inverno:

- Os níveis de PM₁₀ aumentam com temperaturas baixas e ventos moderados;
- À semelhança do que sucede no Verão, as maiores concentrações de PM₁₀ registaram-se em situações de menor humidade relativa.

Esta situação de Inverno parece ser típica de ventos de Leste que normalmente estão associados a dias solarengos, com temperaturas baixas e ventos moderados que normalmente estão associadas a inversões térmicas. Nestes dias de Inverno à semelhança do que acontece nos dias quentes de Verão, o solo irradia o seu calor para o espaço, arrefecendo mais rápido que o ar. Assim, a transferência de calor

por convecção entre a camada de ar mais baixa e o solo faz com que o ar junto ao solo fique mais frio que o ar imediatamente acima formando-se, então, uma inversão térmica. Deste modo, verifica-se que as camadas atmosféricas superficiais se encontram com temperaturas inferiores às de maior altitude, criando-se uma situação de estabilidade atmosférica que impede a dispersão dos poluentes emitidos à superfície [Stull,1995].

Para averiguar esta situação efectuou-se a representação gráfica da correlação dos níveis de PM_{10} com a direcção de vento, Figuras 83 a 85, verificando que as concentrações mais elevadas ocorrem quando o vento se encontra de Leste, tal como a hipótese colocada. No caso das Antas os maiores níveis correspondem a ventos de NE. Em Espinho as concentrações superiores a $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ coincidem preferencialmente com ventos de NE, mas ocorrem também com ventos de SE. Em Custóias as concentrações são superiores a $150 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ para ventos tipicamente de $80\text{-}145^\circ$ (NE-SE).

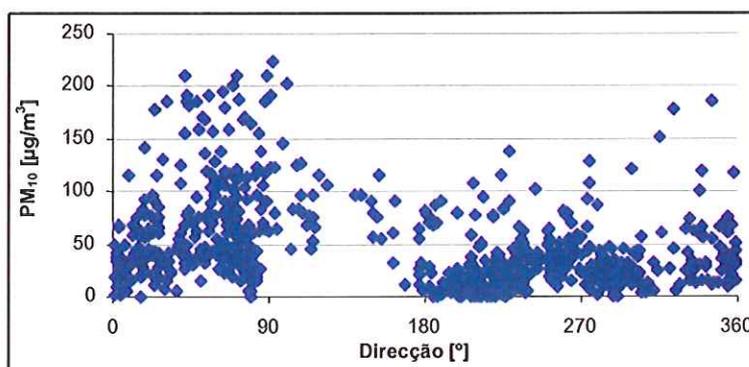


Figura 83: Correlação entre as concentrações de PM_{10} de Antas e a direcção do vento em Janeiro de 2003.

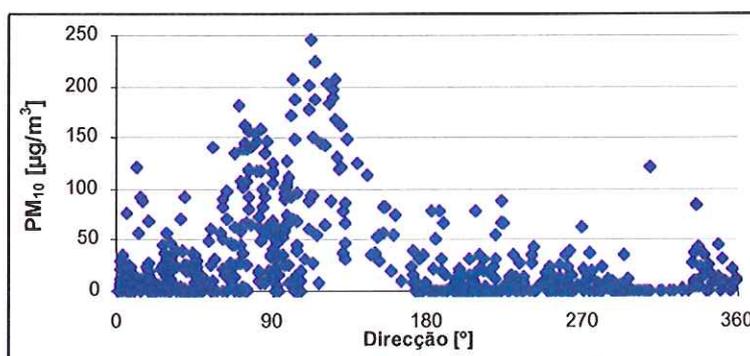


Figura 84: Correlação entre as concentrações de PM_{10} de Custóias e a direcção do vento em Janeiro de 2003.

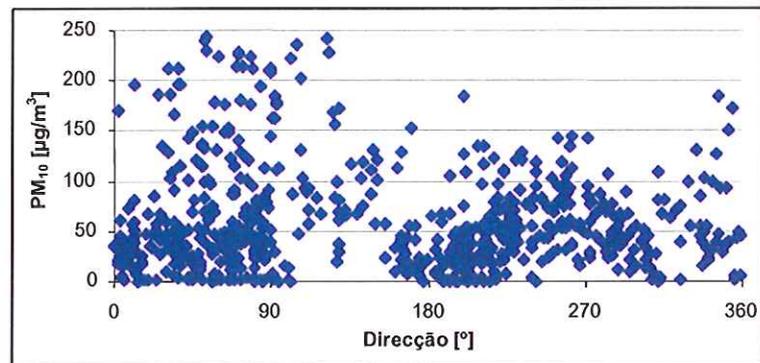


Figura 85: Correlação entre as concentrações de PM_{10} de Espinho e a direcção do vento em Janeiro de 2003.

Para avaliar os períodos de excedência de Inverno e com base nesta caracterização meteorológica explora-se a hipótese das ultrapassagens estarem relacionadas com situações de inversão térmica. Assim, nas Figuras 86 à 88 observa-se que os picos de PM_{10} têm correspondência com os picos de CO, sendo uma situação característica de condições de difícil dispersão como pode ocorrer em situações de inversão térmica.

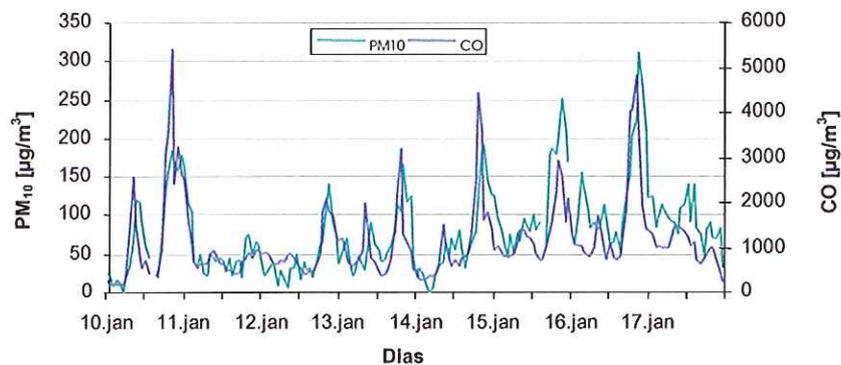


Figura 86: Evolução da concentração média diária de CO e PM_{10} de 10 a 17 de Janeiro de 2003, na estação das Antas.

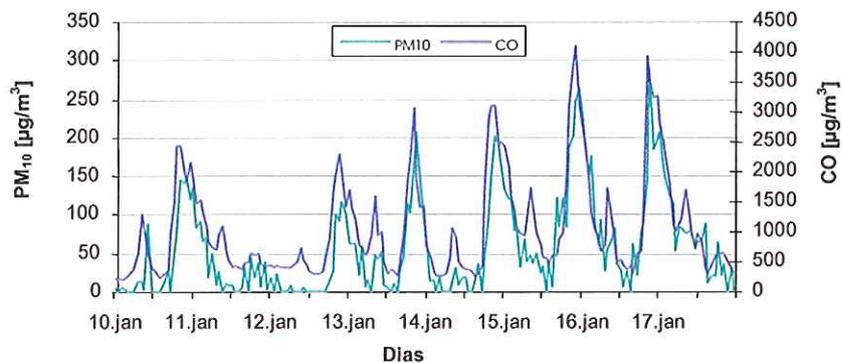


Figura 87: Evolução da concentração média diária de CO e PM_{10} de 10 a 17 de Janeiro de 2003, na estação de Custóias.

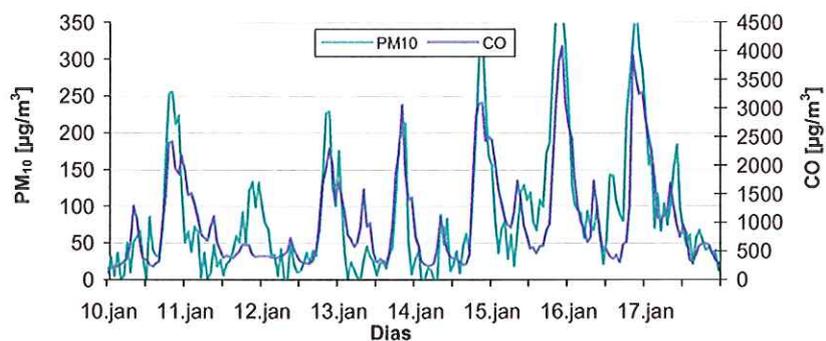


Figura 88: Evolução da concentração média diária de CO e PM₁₀ de 10 a 17 de Janeiro de 2003, na estação de Espinho

Desta análise conclui-se que existirá uma série de episódios, principalmente os do período de Inverno que ocorrem em alturas associadas a fenómenos de inversão térmica. É de facto essencial para a dispersão dos poluentes atmosféricos a estrutura vertical da baixa troposfera. E, como tudo indicia, há excedências que estão, em muito, relacionadas com a fraca capacidade de dispersão e por isso há um aumento dos níveis poluentes atmosféricos, mesmo não havendo um incremento nas emissões desses.

5.6. Emissões Naturais – Incêndios

Dado que as emissões naturais poderão constituir um forte contributo para a ocorrência de níveis elevados de PM_{10} , Borrego *et al.*, (2005) cruzou informação relativa à ocorrência de incêndios florestais de grandes dimensões (superiores a 100 ha) em Portugal continental nos anos de 2001 e 2002 com modelos de retrotrajectórias, a diferentes altitudes, para conhecer o percurso efectuado pelas partículas, de forma a ser possível averiguar se a Aglomeração Porto Litoral poderia ser afectada pelas emissões de fogos florestais, nos dias de ocorrência de incêndios. Assim, verificou que há vários episódios que coincidem com a ocorrência de incêndios, como se pode ver na seguinte tabela:

Tabela 6: Dias de excedências ao VL, em 2001 e 2002 que coincidem com a ocorrência de incêndios

Episódio	Incêndios	Observações
20-22 Jun 2001	Sim	Provável influência dos incêndios ocorridos em: Vila Real, Bragança, Viseu e Guarda (20/06/01); Bragança (21/06/01); Castelo Branco (22/06/01)
28-31 Jul 2001	Sim	Provável influência dos incêndios ocorridos em: Viana do Castelo (28/07/01); Bragança (31/07/01). Também nos dias 30/07/01 e 31/07/01 apresentam aerossóis, com origem no Norte de África.
11-13 Ago 2001	Sim	Provável influência dos incêndios ocorridos em: Vila Real e Braga (12/08/01). Os 3 dias apresentam aerossóis sobre Portugal, com origem no Norte de África.
24-27 Ago 2001	Sim	Provável influência dos incêndios ocorridos em: Vila Real e Bragança (23/08/01); Vila Real e Braga (25/08/01) e Vila Real (26/08/01)
3-14 Set 2001	Sim	Provável influência dos vários incêndios ocorridos em Vila Real, Viseu, Guarda e Bragança.
17-20 Set 2001	Sim	Provável influência dos incêndios ocorridos em: Vila Real (17/09/01) e Viseu, Vila Real e Guarda (19/09/01).
30 Ago-2 Set 2002	Sim	Provável influência dos incêndios ocorridos em: Vila Real e Bragança (30/08/02); Vila Real, Bragança e Braga (31/08/01) e Vila Real e Bragança (2/09/01)

A título de exemplo apresenta-se uma análise de retrotrajectória que permite averiguar a potencial influência deste fenómeno com os níveis elevados de PM_{10} registados. Assim, para o dia 8 de Setembro, a Figura 89 revela uma provável influência dos incêndios ocorridos no distrito da Guarda e Viseu com os elevados níveis de PM_{10} registados na rede de Qar da APL.

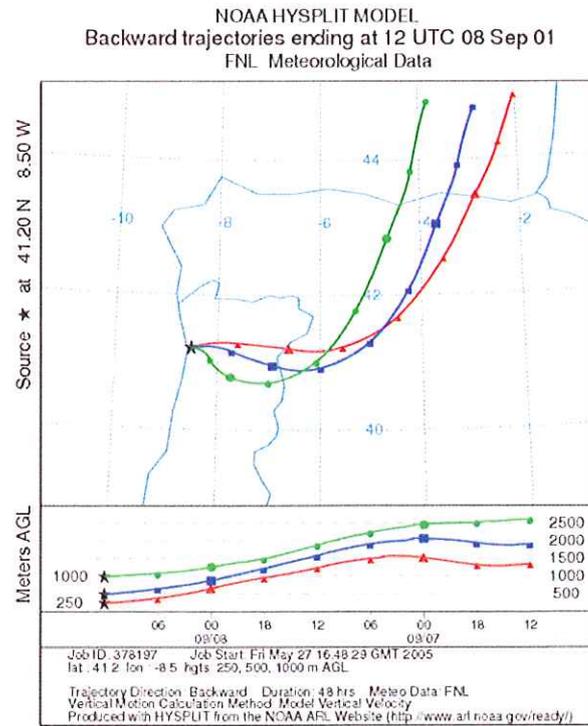


Figura 89: Retrotrajectória para 8 de Setembro de 2001 [Borrego *et al*, 2005].

6. Estratégias de Gestão para elaboração de Planos e Programas na Aglomeração Porto Litoral

Como pouco se sabe sobre as fontes do material particulado, torna-se difícil quantificar a contribuição individual, ou definir estratégias de mitigação e ainda mais estimar a sua eficácia. Torna-se então premente identificar as principais fontes de forma a ser possível discriminar as emissões naturais das antropogénicas e também quantificar os seus diferentes contributos. Dada a complexidade deste poluente não é directa a identificação das suas fontes. O material particulado tanto pode ser constituído por componentes primários como secundários, resultando de emissões directas ou sofrendo transformações gás-partícula.

No âmbito do projecto Europeu Sapphire [Oliveira *et al.*, 2004], está a ser realizado, na cidade do Porto, um trabalho que tem como objectivo principal identificar as principais fontes de poluentes atmosféricos particulados. Foram já realizadas duas campanhas de amostragem, uma no período de Verão e outra no período de Inverno, em dois locais diferentes dentro da cidade. Um dos locais está, localizado junto a vias de tráfego intenso, sujeito a emissões directas do tráfego e outro encontra-se ligeiramente afastado dos principais eixos rodoviários. Da análise elementar que já foi efectuada às partículas $PM_{2.5}$ e $PM_{10-2.5}$, verificou-se que a maior parte dos elementos apresentam concentrações superiores na estação junto à via de tráfego. Foram identificados elementos, como o Cloro (Cl) e Bromo (Br) que, pelo seu comportamento, indicam uma fonte em área e que dada a localização da cidade (zona costeira) tudo indicia que uma das fontes é o sal marinho. Com base na detecção de outros elementos existe ainda a possibilidade destes não resultarem duma contribuição local ou pontual, mas dum transporte regional efectuado a longas distâncias. Também é possível identificar vários elementos cujas distribuições estão associadas a contribuições directas e indirectas do tráfego, ou resultantes directamente dos escapes, ou do desgaste dos travões, pneus ou ainda devido à ressuspensão de poeiras. No entanto, há ainda que ter um melhor conhecimento da contribuição quantitativa de cada fonte. Este projecto mantém-se em desenvolvimento e como tal ainda será cedo tirar todas as conclusões quanto à origem do material particulado.

É de referir também um estudo que está a ser desenvolvido em Espanha, que consiste numa avaliação das partículas de forma a dar resposta à directiva comunitária no que diz respeito às PM_{10} . Este trabalho passa pela determinação dos níveis de PM_{10} e $PM_{2.5}$ e a sua caracterização química (Carbono orgânico+

carbono elementar - OC+EC), poeira mineral, fase secundária inorgânica, aerossol marinho para estações de tipo fundo regional e urbano e de tráfego (Querol *et al.*, 2004).

Em Espanha [Querol *et al.*, 2004], os níveis de PM_{10} de fundo regional para a região costeira são de $15 \mu g.m^{-3}$, e $20 \mu g.m^{-3}$ nas restantes regiões enquanto que de $PM_{2.5}$ são da ordem dos $11 \mu g.m^{-3}$ para todo o território. Os níveis de fundo urbano rondam a gama dos $30-40 \mu g.m^{-3}$ e $17-25 \mu g.m^{-3}$ para PM_{10} e $PM_{2.5}$, respectivamente. As médias de PM_{10} e $PM_{2.5}$ das estações de tráfego estão na gama de $45-55$ e $25-35 \mu g.m^{-3}$, respectivamente. Os resultados demonstraram que cerca de 30-40% da massa de PM_{10} das estações de tráfego estão directamente relacionados com os níveis de fundo urbano e regional. Os outros 30% sofrem influência do tráfego local onde se estima que apenas 40% da contribuição de tráfego será devida a emissão directa dos escapes e da erosão dos pneus enquanto que cerca de 45% se deve à ressuspensão de poeiras das estradas.

Este trabalho sugere que na Península Ibérica existam valores de fundo muito elevados o que vai possivelmente dificultar o cumprimento dos VL de partículas, pois mesmo que se consiga uma diminuição significativa nos níveis de PM_{10} de origem antropogénica há algumas situações em que se continuará a ultrapassar o VL ($50 \mu g.m^{-3}$).

Apesar de serem os níveis de PM_{10} que levam a uma eventual elaboração de PP, as $PM_{2.5}$ não só dão uma informação adicional das fontes e origem das PM_{10} , por comparação do seu comportamento com as $PM_{2.5}$, como também, se tem demonstrado nos últimos anos que são as mais importantes em termos de saúde pública, sendo mesmo responsáveis por um aumento substancial da mortalidade causada por doenças cardiovasculares e cardiorespiratórias [Amann *et al.*, 2005]. Os parâmetros que são monitorizados nas estações da Rede de Qualidade do Ar não são suficientes por si só para entender o fenómeno. Partindo de algumas premissas, nomeadamente do conhecimento prévio de que as emissões resultantes da exaustão directa dos transportes é maioritariamente na gama abaixo dos $2.5 \mu m$ [Seinfeld e Pandis, 1998] e que a partículas grosseiras estão mais ligadas a situações de ressuspensão, se a monitorização de $PM_{2.5}$ coincidissem com mesmas estações em que são monitorizadas as PM_{10} seria possível efectuar diferentes avaliações estatísticas, conducentes a um melhor conhecimento da situação. Os dados resultantes desta monitorização conjunta possibilitariam uma interpretação mais clara sobre a variação sazonal do fenómeno ou mesmo semanal.

A análise química elementar deverá ser levada a efeito de forma a ser possível distinguir os pesos das diferentes fracções de aerossol de origem natural, por exemplo com influência do aerossol marinho, ou

da erosão do solo e a que tem origem antropogénica, nomeadamente da combustão de fuel fóssil, processos industriais, tráfego, entre outros.

Após um conhecimento destas questões é necessário, ainda, perceber quais e em que condições é que as diferentes fontes são responsáveis pela excedência dos VL. Para isso é essencial, também, conhecerem-se os níveis de fundo de PM_{10} , de forma a se poder estimar o incremento de determinadas fontes e assim se avaliar o custo/eficácia das eventuais medidas a tomar.

Presumindo que parte das partículas em suspensão é de origem natural, tais como as provenientes do Norte de África, fica mesmo assim difícil de perceber a origem das partículas antropogénicas. O desconhecimento destas fontes e respectiva composição das partículas conduz à dificuldade, até agora sentida, em definir metodologias e estratégias que nos permitam reduzir os níveis de PM_{10} .

A elaboração dos PP não deve ser realizada sem ser feita uma avaliação das actuais políticas que podem levar à diminuição das emissões dos poluentes cujas concentrações no ar ambiente os PP pretendem reduzir. O estabelecimento de medidas com vista a serem atingidos os valores-limite de concentração dos vários poluentes, nas datas de cumprimento definidas, não deve ser um acto isolado, sendo determinante para o sucesso da sua aplicação a interacção de uma forma integrada com medidas já definidas. Efectivamente, encontra-se já estabelecido um conjunto de medidas que, no âmbito de outras estratégias, influenciam a qualidade do ar e conseqüentemente contribuem para o cumprimento dos valores – limite estipulados [Borrego *et al.*, 2005]. Os instrumentos legais que consideram, directa ou indirectamente, as partículas, poluente alvo de aplicação actual de PP, são a Portaria 286/93, Decreto-Lei 194/2000 (PCIP), Directiva 98/69/CE, Decreto-Lei 178/2003 (GIC), Directiva 2001/77/CE, Decreto-Lei 432/99, Decreto-Lei 202/2002, PNAC e Plano Nacional de Redução das Emissões das Grandes Instalações de Combustão [Boavida *et al.*, 2004]. Caso as políticas, medidas e instrumentos em implementação não sejam suficientes para o cumprimento dos VL na data estipulada, cabe aos PP definir estratégias de mitigação que proporcionem a diminuição da concentração do poluente em causa com origem antropogénica.

A estimativa das emissões de PM_{10} , considerando as medidas previstas na legislação em vigor, tais como a implementação do cumprimento das exigências comunitárias no que diz respeito à introdução de novas tecnologias relativas aos veículos automóveis para o ano de 2005 (EURO IV) (Directiva 98/69/CE transposta pelo Decreto-Lei 202/2000), foi feita utilizando o modelo de fontes de emissão em linha – TREM [Borrego *et al.*, 2004^a]. Os resultados obtidos indicam que esta medida permite uma redução das emissões de PM_{10} do tráfego rodoviário de cerca de 35% no caso dos veículos pesados de mercadoria,

27% nos veículos ligeiros de mercadoria e 30% no caso dos veículos ligeiros de passageiros a gasóleo. É de notar, no entanto, que apesar deste cenário apresentar um potencial significativo de redução das emissões de tráfego, estas emissões apenas representam, no máximo, 25% das emissões totais de PM_{10} [Querol *et al.*, 2004]. Traduzindo-se esta medida numa redução efectiva das emissões totais de PM_{10} de cerca de 10%.

Assim, neste capítulo propõe-se elencar uma série de medidas/soluções que conduzam à possibilidade de diminuir a emissão directa de partículas, mesmo considerando que fica por saber qual a real contribuição dessas medidas. Para tal, seria necessário definir cenários concretos de redução de emissões de partículas e serem aplicadas técnicas de modelação numérica para a simulação desse cenário de redução.

Passa-se então a enumerar algumas medidas necessárias a essa redução, em vários sectores, sendo os principais o transporte rodoviário e obras.

I. Transportes rodoviários

A análise estatística anteriormente apresentada indicia que os transportes rodoviários contribuem significativamente para as emissões de PM_{10} . No entanto, tal como se avaliou pelas correlações entre PM_{10} e CO, nem sempre nas estações de tráfego essa correlação é tão elevada como seria expectável, apesar do número de excedências ao VL diário ser superior nestas estações. Tal facto sugere a possibilidade das emissões de tráfego não serem apenas resultantes de emissões directas, mas estarem associadas à suspensão de poeiras. Em muitos países a discussão centra-se à volta desta problemática [Johansson *et al.*, 2002; Gammelsaeter, 2003]. Poder-se-á colocar a hipótese de ressuspensão de poeiras dos pavimentos das estradas quando estas são “varridas” pelo ar em movimento, proveniente ou não do tráfego ou ainda resultarem do desgaste dos pneus, travões e da erosão da própria superfície das estradas pela passagem de veículos. A resolução do problema associado à ressuspensão de partículas já existentes torna-se complexa, dado que as medidas deverão incidir nas fontes dessas mesmas, voltando-se à questão inicial, na dificuldade de identificação das fontes de PM_{10} . Para a melhoria deste problema podem-se referir algumas medidas de prevenção no sentido de evitar a deposição de material nas superfícies das vias rodoviárias, de que é exemplo a cobertura eficaz das cargas dos camiões, o pavimento, os acessos aos estaleiros de obras e ainda a remoção periódica do material depositado nas faixas de rodagem nas zonas de maior densidade populacional, recorrendo ao uso de aspiradores potentes e/ou lavagem com fortes jactos de água. No

entanto, todas estas medidas têm-se demonstrado pouco eficientes pelo que esta área carece ainda de muita investigação [Chang *et al.*, 2005].

No entanto, é um facto que a redução do volume de tráfego pode ter repercussões efectivas nas emissões de PM₁₀. Para tal poderão ser implementadas medidas económicas, taxas fiscais, campanhas informativas e educativas. Deverá haver uma aposta clara, pelas autoridades da AMP, nos transportes colectivos. É certo que o funcionamento do metro já constitui uma mudança positiva para o descongestionamento das artérias de saída e entrada da cidade, mas há que salientar, que actualmente a única linha a funcionar vai pouco mais além do que já era assegurado pelos Caminhos de Ferro Portugueses (CP). Os transportes públicos só serão bem aceites pela comunidade quando houver benefício individual em usá-los, quando for possível saber que o trajecto que o indivíduo pretende fazer leva um tempo determinado e que há autocarros disponíveis à hora que pretende. Desta forma, os trajectos que os autocarros fazem de ligação às cidades periféricas deviam ter vias prioritárias para que fossem realmente mais rápidas as deslocações feitas pelos transportes públicos do que pelos transportes individuais, para que fosse possível cumprir horários, tornando este meio de transporte mais atractivo e uma mais valia para os utilizadores. Os serviços públicos devem ser capazes de individualizar as respostas às necessidades e à procura que têm que satisfazer, como os níveis de conforto e de segurança que caracterizam as sociedades desenvolvidas. Não chega, por si só, haver mais transportes públicos, é necessário desenvolver um novo conceito de serviço público de mobilidade, direito que é preciso conciliar não só com os efectivos interesses dos utentes, como com as exigências ambientais cada vez mais fortes. Isto implica uma evolução profunda das concepções e das políticas de urbanismo que deverão, no futuro, não só preocupar-se com o equipamento dos territórios em meios de transporte, mas, principalmente, em desenvolver serviços de mobilidade para os cidadãos (Asher, 1999). Associada a uma eficiente rede de transportes públicos deverão existir parques de estacionamento periféricos a preços convidativos.

Outra questão importante é a cultura do transporte colectivo. Podia avaliar-se seriamente se uma campanha educativa não passa pelo uso gratuito do transporte público para jovens em idade de escolaridade obrigatória, durante o período lectivo. Poderiam ser hábitos ganhos em idades muito jovens que eventualmente contribuíssem para a formação dum adulto sem preconceito e já habituado ao uso desta modalidade. Impõe-se assim, a necessidade de reduzir o uso de transportes individuais e incentivar o uso do transporte colectivo.

A AMP tem, para além da Sociedade de Transportes Colectivos do Porto (STCP), a oferecer um serviço público de transportes, uma série de empresas privadas que têm a sua frota ultrapassada e que por isso

são um forte incremento na emissão de poluentes atmosféricos. É necessário que esses autocarros sejam sujeitos a uma apertada inspecção ao nível das emissões e se pondere num eventual incentivo financeiro, por parte das entidades competentes, para a renovação da frota. Assim, deve ser dada prioridade às novas tecnologias disponíveis, como o gás natural, hidrogénio e bio-combustíveis, como forma de redução das emissões de PM_{10} do transporte rodoviário.

As opções de controlo de emissões directas estão associadas às melhorias do tipo de combustível e à qualidade do fuel, de forma a minimizar as emissões de material particulado assim como a instalação de filtros.

Os veículos pesados de mercadoria são os principais responsáveis pelas emissões de exaustão de PM_{10} , provenientes do tráfego rodoviário. Nomeadamente no grande Porto, através da proibição da circulação dos veículos pesados, poder-se-ia obter uma diminuição de circulação desta categoria de veículos, nos centros das cidades, em cerca de 10%, [Borrego *et al.*, 2005]. Assim, o transporte de mercadoria deverá ser realizado por veículos ligeiros de mercadoria, responsáveis por menores emissões de PM_{10} . Para além disso, deverá ser equacionado o aumento do transporte de mercadorias por ferrovia.

II. Obras

Nos últimos anos têm decorrido importantes obras na AMP, inclusive, ao nível dos acessos rodoviários. Algumas dessas obras localizam-se na área envolvente das estações de Qualidade de Ar, tais como em S. Hora, Boavista e Antas, estações estas onde sistematicamente é ultrapassado em muito o VL para PM_{10} .

Durante as obras há um incremento das emissões de matéria particulada para a atmosfera que resultam da acção mecânica das máquinas com a superfície, do manuseamento dos materiais, do movimento dos veículos e ainda da acção do vento sobre o solo [Fuller, 2004].

Seria assim de todo o interesse avaliar qual a contribuição efectiva das obras na ultrapassagem do VL diário das PM_{10} . Isso implica que seja feito um Plano de Monitorização da obra que compreenda a determinação das concentrações das fracções de partículas em suspensão, nomeadamente PM_{10} e $PM_{2.5}$ numa estação da qualidade do ar que se encontra na área envolvente da zona das obras, outra dentro da área das obras e ainda num local mais afastado da mesma área. Seria assim possível avaliar a diferença entre os locais e inferir qual a contribuição das obras nos níveis de PM_{10} .

Em simultâneo a este plano de monitorização deve ser feita uma eficaz fiscalização durante a obra no sentido de promover medidas mitigadoras das emissões atmosféricas.

Entre as possíveis acções de controlo das emissões sugere-se: humedecer o solo da obra; lavar com frequência os rodados dos veículos na obra; proceder à cobertura das cargas pulverulentas; efectuar as operações de carga e descarga evitando a suspensão de material na atmosfera (e.g. em local protegido do vento), limpar regularmente os acessos e eventualmente pavimentar as zonas afectas à obra, limitar a velocidade e o número de veículos que circulam pela área em obras e ainda garantir processos de combustão adequados.

III. Limpezas de ruas

A ressuspensão de poeiras é uma das maiores fontes de partículas em suspensão. Vários estudos indicam que a aspiração e a lavagem de ruas contribuem para a remoção de partículas em suspensão no ar ambiente estando ainda em discussão qual a gama de partículas para o qual esta medida é mais efectiva. Mas de momento, parece ser prematuro concluir a eficácia desta medida para a redução das PM_{10} [Kuhns *et al.*, 2003]. Como ainda não há o pleno conhecimento da sua eficácia de redução, quer a curto quer a longo prazo, sugere-se que sejam implementadas em zonas-teste para averiguar da sua eficácia.

IV. Substituição das lareiras no sector doméstico

A combustão no sector doméstico, em Portugal, no que diz respeito a este poluente, apresenta um peso de cerca de 15% [Borrego *et al.*, 2005]. Usualmente recorre-se a este tipo de aquecimento nas noites frias de Inverno, em que as condições de dispersão são fracas, o que promove, ainda mais, os elevados níveis de PM_{10} na atmosfera. Neste sentido, seria interessante o uso de incentivos à optimização e cuidados da combustão nas lareiras e/ou aquecimento central, de forma menos poluente, por exemplo, a gás natural.

Uma vez que parte da análise estatística e da bibliografia vai ao encontro da ideia que os níveis de fundo desta região são muito elevados [Querol *et al.*, 2004] tudo indica que com estas medidas de redução das emissões de partículas de origem antropogénicas não se atingirá uma redução necessária para a abolição de ultrapassagens ao VL. Contudo, cabe aos PP, como qualquer política de ambiente, incidir apenas sobre aquilo que é controlável, ou seja sobre as emissões antropogénicas, fazendo sempre uma análise de custo-eficácia das medidas.

7. Conclusão

A política de qualidade do ar foi profundamente alterada com a publicação da Directiva Quadro (Directiva n.º 96/62/CE). Esta veio definir uma estratégia comum, para todos os Estados Membros, estabelecendo objectivos para a qualidade do ar ambiente, a fim de evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos sobre a saúde humana e sobre o ambiente na globalidade. A Directiva Quadro é regulamentada pelas Directivas Filhas definindo objectivos ambientais concretos em termos de valores limite, limiares de informação e alerta, valores e objectivos a atingir a longo termo. Com o intuito de se atingirem os objectivos estipulados para os poluentes considerados na primeira e segunda Directivas Filhas (SO₂, NO₂ e NO_x, PM₁₀, Pb, CO, C₆H₆) surge a obrigatoriedade de se elaborarem Planos e Programas que definam estratégias para alcançar os VL definidos.

Uma vez que quando foi iniciado este trabalho, não existia ainda nenhum PP (tendo sido terminados os primeiros este ano) pretendia-se contribuir para a definição duma metodologia para a elaboração dos PP, através da análise da legislação e dos estudos que estão a ser desenvolvido pelos vários Estados Membros e pela criação de um caso de estudo.

Este estudo pretende, assim, dar um contributo na elaboração dos Planos e Programas na medida em que é feito um trabalho, importante, em agrupar e reunir todo o conhecimento até agora existente, para além da análise estatística patente no caso de estudo apresentado e, que por isso, poderá servir como apoio na elaboração dos PP, quer na zona de estudo, quer em outras zonas alvo deste tipo de planos.

Após ter definido que o caso de estudo se cingia à Aglomeração Porto Litoral foi feita a avaliação de dados de qualidade do ar entre o ano de 2001 e 2003.

Da aplicação deste caso de estudo, pode-se concluir que a avaliação das concentrações de PM₁₀ medidas nas estações localizadas na Aglomeração do Porto Litoral não permite identificar uma tendência clara de evolução ao longo do tempo a que se refere este trabalho. É, no entanto, objectiva a existência de problemas de qualidade do ar, referente nomeadamente aos níveis de PM₁₀ que ultrapassam muitas vezes os valores-limite quer diários quer anuais.

O facto de, em muitas ocasiões, as excedências ao VL não se verificarem apenas numa estação mas em várias em simultâneo, sugere que o fenómeno não seja um problema local, mas sim de carácter regional. A análise de correlação entre vários poluentes (CO e PM₁₀, NO e PM₁₀ e CO e NO) permitiram

distinguir algumas diferenças de comportamento entre as várias estações. Assim, podemos observar diferenças entre as estações de tráfego e as estações de fundo. Mas, entre o mesmo tipo de estações, pode-se distinguir diferentes comportamentos como acontece com a estação de Espinho e Vermoim, ambas influenciadas por outros factores: o spray marinho em Espinho e Vermoim que apresenta características mais de acordo com uma estação de fundo.

Nas estações de tráfego, “contrário senso” verifica-se que a correlação de CO e PM₁₀ são geralmente ao longo do ano inferiores às mesmas correlações verificadas nas estações de fundo. Esta constatação sugere que o elevado número de ultrapassagens ao VL de PM₁₀ que ocorre nas estações de tráfego está associado à ressuspensão de poeiras depositadas nas vias rodoviárias.

Contudo, da análise que foi possível fazer podem identificar-se situações que:

- Estão relacionadas com inversões térmicas que ocorrem com frequência durante o Inverno, cujas condições meteorológicas, poderá promover o aumento dos níveis atmosféricos de PM₁₀, mesmo na presença de fontes locais de pequena dimensão;
- Estão relacionadas com episódios de origem natural sobre Portugal, nomeadamente a ocorrência de incêndios em distritos próximos da APL que, por transporte de massas de ar, afectam os níveis de PM₁₀ registados nas estações de QAr;
- Não se verifica nenhum dos fenómenos anteriores, o que indica que os valores elevados registados para PM₁₀ são resultantes de emissões antropogénicas. A ressuspensão da matéria particulada pela passagem dos veículos automóveis deve ter um papel significativo em algumas excedências pelo facto destas ocorrem principalmente em estações de QAr de tipo tráfego, mas cujas correlações entre o CO e PM₁₀ são baixas.

Em questões de poluição atmosférica deve-se sempre ter em consideração a sinergia de efeitos. Assim, não é infrequente que vários fenómenos que potenciam um incremento nos níveis de poluição ocorram associados. É o que acontece no Inverno em dias que apresentam predominância de vento Leste, que originam um aumento do conteúdo geológico da matéria particulada que como se associa a baixa temperatura e humidade relativa promove a ressuspensão de partículas. Também as emissões resultantes da combustão residencial aumentam no Inverno, altura em que ocorrem com muita frequência fortes inversões de temperatura que limitam a mistura dos poluentes na atmosfera. Tais factos foram confirmados pela análise dos dados do mês de Janeiro de 2003 nas estações de qualidade do ar de Antas, Custóias e Espinho.

O estabelecimento de medidas com vista a serem atingidos os valores-limite de concentração dos vários poluentes, nas datas de cumprimento definidas, não deve ser um acto isolado, sendo determinante para o sucesso da sua aplicação, a interacção de uma forma integrada com medidas já definidas. Efectivamente, encontra-se já estabelecido um conjunto de medidas, tais como as que resultam do PEAC, do Programa Auto-oil, da directiva dos COV e ainda do PTEN, que tanto influenciam a qualidade do ar e consequentemente contribuem para o cumprimento dos valores - limite estipulados.

Na decorrência da avaliação dos dados de qualidade do ar e meteorológicos foi possível definir algumas medidas de mitigação a implementar e identificar algumas lacunas na actual gestão de qualidade do ar. Relativamente às primeiras será importante actuar nas políticas dos transportes rodoviários, criando parcerias e ou sensibilização nos vários agentes implicados, desejando tendencialmente uma diminuição da circulação de veículos pesados no centro das cidades o que poderia conseguir-se privilegiando o uso de veículos ligeiros de mercadorias.

Constata-se o importante contributo das obras de construção para a ultrapassagem dos VL das PM_{10} na AMP pelo que será relevante a elaboração de planos de monitorização de obras. É também relevante para a mitigação, o controlo efectivo das emissões associadas às obras de construção civil, o que passa por várias acções, das quais se destacam o humedecimento do solo da obra; a lavagem com frequência dos rodados dos veículos usados nas obras e a cobertura das cargas pulverulentas.

Não é desprezável a contribuição, de cerca de 15% da combustão no sector doméstico para as concentrações de PM_{10} , pelo que são desejáveis o uso de incentivos à optimização da combustão nas lareiras e/ou aquecimento central e a substituição de combustíveis por outros menos poluente, por exemplo, a gás natural.

No que se refere às lacunas identificadas na actual gestão de qualidade do ar, destaca-se a pouco correcta classificação das várias estações. Uma delas, considerada de tráfego, (e.g. Vermoim) tem um comportamento que mais se assemelha a uma estação de fundo, o que leva a tornar pouco claro os dados obtidos para análise. Assim como a necessidade de se avaliar outros poluentes, nomeadamente $PM_{2.5}$, de forma a ser possível melhor entender o fenómeno das ultrapassagens de PM_{10} .

Parece concluir-se que a ressuspensão de poeiras é uma das maiores fontes de partículas em suspensão pelo que se propõe que sejam implementadas zonas de teste de limpeza de ruas.

Apesar de muito haver a fazer para o pleno conhecimento das fontes de emissão de PM_{10} é possível com os dados de qualidade do ar existentes começar a entender este fenómeno e definir algumas estratégias para a elaboração dum Plano e Programa.

No entanto, destaca-se ainda a ausência de trabalhos concluídos que permitam o conhecimento da composição química das PM_{10} o que permitiria melhor identificar as fontes emissoras desse material particulado. Assim, deverão ser realizadas campanhas sazonais para amostragem e análise químicas de PM_{10} e $PM_{2.5}$, já que estas permitiriam por comparação, identificar mais correctamente a origem e fontes da PM_{10} , permitindo assim melhorar as estratégias de mitigação.

Tal como foi referido ao longo deste trabalho, é de extrema importância conhecer os níveis de fundo das regiões sujeitas a este tipo de planos, porque tal como tem sido demonstrado noutras cidades Europeias esses níveis podem não ser, de todo, desprezáveis. O conhecimento desses níveis permitirá, uma avaliação mais correcta da eficácia da implementação dessas medidas no cumprimento dos VL definidos. A avaliação económica ligada à análise da eficácia ambiental é de extrema importância na análise de qualquer Plano. Por isso, como trabalho futuro será de todo o interesse, fazer uma análise de custo/eficácia das medidas aqui apresentadas.

Embora fique em aberto algum trabalho a ser desenvolvido para a elaboração dum melhor Plano e Programa, este estudo constitui uma base de informação, conhecimento e análise importante para a elaboração de um PP, em particular para a região de estudo, mas podendo ser estendida para outras zonas que estejam sujeitas também a este tipo de Planos e Programas.

8. Referências Bibliográficas

AFRICANO, A.P. (1999): Monografia da Indústria da Região Norte, Estatísticas e Estudos Regionais - região Norte, Mai-Ago 1998, n.º17 INE-DRN

ALASTUEY, A.; QUEROL, X.; RODRIGUEZ, S.; VIANA, M.M.; PLANA F.; ARTIÑANO B.; SALVADOR P.; GARCIA DO SANTOS, S.; PATIER, R. F.; J. DE LA ROSA; SANCHEZ DE LA CAMPA, M. MENENDEZ, A., GIL, J. I. (2002): Levels of PM at rural, urban and industrial sites in Spain, Spain

ALEGRINI, I. (2003): Particulate matter and other pollutants exceedances in Italian urban environment: Meteorology & action plans, Air Pollution Abatement Planning in Europe, Berlin

AMANN, M., IMRICH, B., COFALA, J., GYARFAS, F., HEYES, C., KLIMONT, Z., SCHÖPP, W. E WINIWARTE, W. (2005): Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme Final Report

BARROS, N., 1999: Poluição atmosférica por foto-oxidantes: O ozono troposférico na região de Lisboa. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Aplicadas ao Ambiente.

BOAVIDA, F.; JARDIM, D.; CARREIRA, P.; FERREIRA, F.; TENTE, H.; MESQUITA, S. (2004): Guia para a elaboração de planos e programas, tal como definidos pela Directiva 1996/62/CE. Instituto do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa.

BORREGO C.; BARROS, N.; LOPES, M; TCHEPEL, O.; FERREIRA, J. (2000): Apoio Técnico à Presidência Portuguesa da União Europeia – Discussão da Proposta de Directiva Conjunta COM (1999) 125 Final. AMB/QA 02/2000, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

BORREGO C.; MIRANDA A.I.; COUTINHO,M.; LOPES,M; FERREIRA, J.; RODRIGUES,R. (2003ª): Revisão da Legislação Nacional de Emissões de Poluentes Atmosféricos. Estudo realizado no âmbito do protocolo de Colaboração com o Instituto do Ambiente, relatório final, AMB-QA-07/03, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro.

BORREGO, C; MIRANDA, A. I.; TCHEPEL, O.; MONTEIRO, A.; SALMIM, L.; GINJA, J.; COUTINHO, M.; RIBEIRO, C.; BENTO, S. (2003^b) -Inventariação das Emissões de Poluentes Atmosféricos da Região Norte- desenvolvimento do Inventário “top-down”, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, Novembro de 2003

BORREGO, C; MIRANDA, A. I.; TCHEPEL, O.; MONTEIRO, A.; SALMIM, L.; GINJA, J.; COUTINHO, M.; RIBEIRO, C.; BENTO, S. (2004^a) -Inventariação das Emissões de Poluentes Atmosféricos da Região Norte- desenvolvimento do Inventário “Bottom-up”. Relatório R3. Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, Julho de 2004 AMB-QA-06/2004.

BORREGO, C.; MIRANDA, A.I.; MONTEIRO, A.; SALMIM, L.; FERREIRA, J (2004^b). -Avaliação e previsão da qualidade do ar em Portugal. Relatório R2, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal: Julho 2004 AMB-QA-07/2004. Estudo Realizado no âmbito do protocolo de colaboração com o Instituto do Ambiente.

BORREGO, C.; MIRANDA, A.I.; SALMIM, L.; MONTEIRO, A.; FERREIRA, J.; COUTINHO, M.; PEREIRA, M.; RIBEIRO, C. (2005)–Elaboração de Planos e Programas de Acção para a melhoria da qualidade do ar na região Norte. Relatório R3, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal: Junho 2005. AMB-QA-10/2005. Estudo Realizado no âmbito do protocolo de colaboração com a CCDR-Norte.

C(2004) 491- Decisão da Comissão 2004/224/CE, de 20 de Fevereiro de 2004, que estabelece o regime a aplicar na apresentação de informações sobre os planos ou programas exigidos pela Directiva 96/62/CE do Conselho no que respeita aos valores-limite para determinados poluentes no ar ambiente.

COM(2001) 245 - COMUNICAÇÃO DA COMISSÃO - Programa Ar Limpo para a Europa (CAFE): Para uma Estratégia Temática em matéria de Qualidade do Ar

CHANG, Y.; CHOU, C., SU, K. ;TSENG, C. (2005)– Effectiveness of street sweeping and washing for controlling ambient TSP. Atmospheric Environment. Vol.39, 1891-19002

COMMISSION WORKING GROUP ON IMPLEMENTATION (July 2003): Recommendations on plans or programmes to be drafted under the Air Quality Framework Directive 96/62/EC – draft version, EC

COMMISSIONS WORKING GROUP ON IMPLEMENTATION (2003): Recommendations on plans or programmes to be drafted under the Air Quality Framework Directive 96/62/EC- Draft version, EC

Direcção Geral das Florestas, Divisão de Protecção e Conservação Florestal, Incêndios Florestais-2003. Relatório Provisório, 2003.

2004/224/CE: Decisão da Comissão, de 20 de Fevereiro de 2004, que estabelece o regime a aplicar na apresentação de informações sobre os planos ou programas exigidos pela Directiva 96/62/CE do Conselho no que respeita aos valores-limite para determinados poluentes no ar ambiente (Texto relevante para efeitos do EEE) [notificada com o número C(2004) 491]

DEACON, A. SMALLBONE, K., (2002): Marine Influence on Coarse Particle Concentration at an Urban Background Site on the South Coast of England, Division of Geography, School of the Environment, The University of Brighton, Brighton

Decisão n.º 1600/2002/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Julho de 2002 que estabelece o sexto programa comunitário de acção em matéria de ambiente.

DENIER VAN DER GON, H.; VISSCHEDIJK, A. (2002): Source contributions to particulate matter in the size range of 2.5-10 microns in the Netherlands with special emphasis on sea salt and crustal material, TNO Environment, Energy en Process Innovation, Netherlands.

DORDEVIC, D., VUKMIROVIX, Z.; TOSIC, I.; UNKASEVIC, M.- Contribution of dust transport and resuspension to particulate matter levels in Mediterranean atmosphere. Atmospheric Environment Vol 38, 3637-3645, 200

FERREIRA, J., SALMIM, L., MONTEIRO, A., MIRANDA A. I. E BORREGO, C. (2004): avaliação de episódios de ozono em Portugal através da modelação fotoquímica. 8.ª Conferência Nacional de Ambiente. Lisboa.

FERREIRA, V.G.; PEREIRA, T. C.; TORRES, P.; SEABRA, T. (2004) Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 – 2002. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Instituto do Ambiente, Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território.

FULLER, G.W. E GREEN D., (2004): The impact of local fugitive PM₁₀ from buildings Works and roads Works on the assessment of the European Union Limit Value. Atmospheric Environment 38. 4993-5002.

GAMMELSAETER, R., (2003): Air pollution abatement planning in Norway, Air Pollution Abatement Planning in Europe, Berlin

HURLEY P. 2002: The Air Pollution Model (TAPM) Version 2 – Part 1: Technical Description, CSIRO – Atmospheric Research

Instituto Nacional de Estatística (2000): Mobilidade Casa – Trabalho da População Empregada Residente na Área Metropolitana do Porto.

Instituto Nacional de Estatística (2004^a)-Uma análise sócio-económica do Território Português ao nível Regional e Local, destaque INE.

Instituto Nacional de Estatística (2004^b)-Contas Regionais 1995-2001.

Instituto Nacional de Estatística (2004^c)-Tipologia Sócio-económica da Área Metropolitana do Porto-2001, destaque INE 16 de Julho de 2004.

Instituto Nacional de Estatística (2003)-Contas Regionais 2000.

LARSSEN, S, SLUYTER, R., HELMIS,C. (1999): Criteria for EUROAINET: the EEA Air Quality Monitoring and Information Network. Published by European Environmental Agency: Technical Report No 12, 1999, Copenhaga (Dinamarca).

JOHANSSON, C.; HANSSON, H.C.; ARESKOU, H (2002): Concentrations and sources of PM in Sweden, Air Pollution Laboratory, Institute of Applied Environmental Research, Stockholm University, Stockholm.

KUHNS, H.; ETYEMEZIAN, V. GREEN, M.; HENDRICKSON, K., MCGOWN, M.; BARTON, K.; PITCHFORD, M.- Vehicle-based road dust emission measurement- Part II: Effect of precipitation, wintertime road sanding, and street sweepers on inferred PM₁₀ emissions potentials from paved and unpaved roads. Atmospheric Environment Vol.37, 4573-4582, 2003

LOPES, M., 2005: Alterações Climáticas: Avaliação Económica no Apoio à Decisão Política. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Aplicadas ao Ambiente.

MARIA, M.C. ANGELO,G., GUIDO, L., LUCA G.G.:Implementing plans and programmes under Air Quality Directives in condition of difficult attainability of limit values: the case of Lombardy Region Air Pollution Abatement Planning in Europe, Berlim

MARTIN, F. (2003): Results of a Spanish project for Air Pollution Abatement in the Madrid region, Air pollution abatement planning in Belgium, Air Pollution Abatement Planning in Europe, Berlim

MELO, C. (2000): Mobilidade Casa – Trabalho da População Empregada Residente na Área Metropolitana do Porto, INE 2000

MONTEIRO, A.(2003): Poluição atmosférica na região de Aveiro: modelação de mesoscala e sua validação. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Poluição Atmosférica

OLIVEIRA, C.(1996)- A Estrutura Empresarial da Área Metropolitana do Porto, Estatísticas e Estudos Regionais - região Norte, Jan-Abr 1996, n.º10, INE-DRN

OLIVEIRA, C., SANTOS, P., NUNES, T., PIO, C., CASEIRO, A., WAHLIN, P.(2004). Contribuição das emissões rodoviárias na qualidade do ar da cidade do Porto”

PULLES, T., VISSCHEDIJK, A. (2003). Emission estimation methods for particulates: the CEPMEIP emission factor database. TNO-MEP, disponível em <http://www.mep.tno.nl/emissions>.

QUEROL, X., ALASTUEY, A., RODRÍGUEZ, S., VIANA, M., ARTÍÑANO, B., SALVADOR, P., MANTILLA, E., GARCÍA DO SANTOS, S., FERNÁNDEZ PATIER, R., DE LA ROSA, J., SÁNCHEZ DE LA CAMPA, A. e MENÉNDEZ, M. (2004): Levels of PM in rural, urban and industrial sites in Spain. Seventh International Highway & Urban Pollution Symposium, Barcelona, 20-23 May

RIBEIRO, C., 2005: Aplicação de um Modelo Meteorológico e de Qualidade do ar a Portugal. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Poluição Atmosférica.

RICO,M., (2003): Air pollution abatement planning in France, Air Pollution Abatement Planning in Europe, Berlim

RODRÍGUEZ, S., QUEROL, X., ALASTUEY, A., KALLOS, G., KAKALIAGOU, O. (2001): Saharan dust contributions to PM10 and TSP levels in Southern and Eastern Spain. Atmospheric Environment Vol.35, 2433-2447, 2001

ROEKENS., E. (2003): Air pollution abatement planning in Belgium, Air Pollution Abatement Planning in Europe, Berlim

SEINFELD, J. E PANDIS S. (1998): Atmospheric chemistry and physics, from air pollution to climate change, John Wiley and sons, Inc., Nova York

STULL, R.B. (1995): Meteorology Today for Scientists and Engineers, West Publishing Company, Los Angeles.

UNL/ FCT / DCEA – Universidade Nova de Lisboa / Faculdade de Ciências e Tecnologia / Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente MAOT / DGA – Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território / Direcção Geral do Ambiente, DGA – Delimitação de zonas e aglomerações para avaliação da qualidade do ar em Portugal. Dezembro de 2001

VALET, P.M. (2003) Catalogue of measures for Air Pollution Abatement, Air Pollution Abatement Planning in Europe, Berlim

WOLFGANG SCHÖPP, WILFRIED WINIWARTER – Environment and Health for the study on Development of the Baseline and Policy Scenarios and Integrated Assessment Modelling Framework for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme –Outubro, 2004

URL1: Portal da “Air Pollution Abatement Planning in Europe”:
<http://www.ecologic.de/airpollution2003/downloads/Papers.htm>

URL2: Portal do Workshop in support of the Clean Air for Europe (CAFE) programme of DG ENV in Berlin: “Particles in the size of 2.5 to 10 microns in urban areas”, Germany, 2002 <http://trumpf.fu-berlin.de/veranstaltungen/events/index.htm>

URL3: Portal da AMP em números 2003: <http://www.amp.pt/ampnumeros2004.asp?t=2>

URL4: Portal do European Pollutant Emission Register: <http://www.eper.cec.eu.int>

ANEXOS

ANEXO I Conteúdo de um PP

ANEXO I

Conteúdo de um PP

1. Localização da ultrapassagem

Na localização das áreas onde ocorreram ultrapassagens ao VL, por consequência áreas sujeitas a PP, deverá ter se em consideração as estações que reportam informação à CE no âmbito da Decisão 2001/839/CE. Deve ser dado ênfase particular às estações onde foram excedidos os VL+MT. No entanto, o diagnóstico deverá permitir uma breve caracterização da rede e dos factores que poderão ter causado as excedências nesse determinado ano.

A avaliação suplementar recorrendo a medições indicativas e/ou modelação deve constituir uma ferramenta adicional quer para a delimitação da área de excedência quer para a estimativa da população exposta. Sempre que possível, deverá ser apresentado um mapa dessa área de excedência ou da área envolvente à estação de monitorização. Se for uma excedência de larga-escala, o tamanho do mapa deverá ser escolhido de forma a incluir toda essa área, caso seja uma excedência de *hot-spot*, poderá ser útil indicar no mapa da cidade ou da região a respectiva área excedida. Estes mapas servirão também para indicar fontes relevantes assim como outras estações de monitorização importantes.

Quando relevante e possível, o PP deve incluir informações sobre a presença de grupos de população sensíveis à poluição atmosférica nas áreas de excedência.

2. Informações gerais

A classificação das estações deve ser feita com base na Decisão 97/101/CE de Troca de Informação revista pela Decisão 2001/752/CE.

Deve-se estimar a área, o comprimento total das secções rodoviárias, o total de população exposta sempre que é ultrapassado o VL. O que se pretende é a dimensão da zona de excedência em causa assim como uma estimativa do número médio de pessoas presentes durante a excedência do valor limite. Idealmente uma resolução de 10m deveria ser necessária, mas na prática, dado que o objectivo é ter apenas uma estimativa, a resolução utilizada pode ser menor. Isto é particularmente válido para os casos em que as excedências se limitam a poucos *hot spots*. Ainda assim e mesmo nestes casos, deve procurar-se o maior rigor possível (por ex. contar o número de residentes, estimando-os a partir do número de moradias e/ou prédios existentes). Existem casos em que fará sentido ter em consideração a presença estrutural de não residentes, ou melhor, de “visitantes sazonais” como acontece em estâncias de veraneio ou como acontece em zonas de serviços fortemente ocupadas durante o horário de expediente.

Contudo, sempre que possível, essas estimativas devem também referir a área associada às excedências dos VL+MT.

Apesar da ocorrência das excedências não acontecer se não houver fontes de poluição, as características climáticas e topográficas de determinado local podem ser relevantes para a análise, especialmente para a eventual realocização de fontes pontuais e além disso pode clarificar a diferença entre níveis de poluição em locais da mesma região.

3. Autoridades responsáveis

Nos PP devem ser identificados não só as entidades envolvidas na sua elaboração, mas todas as autoridades responsáveis pela implementação destes.

4. Natureza e avaliação da poluição

A análise de prognóstico e o desenvolvimento de justificações e medidas exige um bom conhecimento das causas que conduziram à excedência. Por isso, é útil uma análise quantitativa da contribuição das relevantes fontes, a mais completa possível.

Um dos principais problemas é quantificar a contribuição de cada fonte para as excedências expressas em número de excedências de determinado poluente, com a agravante, porém, que a sinergia das várias fontes pode ser responsável por grande número destas excedências. Além disso, grande parte das fontes contribui para a poluição local, mas também para transporte de longa distância dificultando assim as medidas de redução.

Estas dificuldades podem ser de certa forma ultrapassadas com a análise de inventários de emissão ao nível dos PP (escala local/regional), na medida em que servirão como elemento de base da avaliação suplementar que será feita em cada plano ou programa. Os seus resultados permitirão, logo à partida, perceber as magnitudes das emissões de âmbito regional, ainda que destas não se possa inferir directamente para as concentrações medidas ao nível das estações de monitorização. (esse será o papel da modelação).

O PP deverá descrever quais as técnicas usadas na avaliação da excedência.

5. Origem da poluição

Os inventários de emissões atmosféricas são cruciais, servem como elemento de base da avaliação suplementar que será feita em cada plano ou programa. Podem ser utilizados para:

- Estimar, juntamente com as ferramentas de modelação ou dispersão de poluentes atmosféricos, a concentração atmosférica destes;
- Definir as prioridades ambientais, identificando as actividades responsáveis pelos problemas;
- Definir objectivos e estimar os impactes e implicações potenciais das várias estratégias e planos;
- Avaliar os custos e benefícios ambientais das várias medidas;
- Monitorizar os resultados dos planos e acções, verificando o cumprimento dos objectivos.

Tal como já foi referido, é mais fácil a compreensão, se as principais fontes de emissão forem identificadas num mapa. Devem ser divididas por categorias distintas e estimadas as emissões desses fontes e serem dados mais detalhes sobre as mais importantes para a ocorrência de excedências. A área abrangida pelo inventário não se deve restringir aos limites físicos e administrativos da zona/aglomeração, devendo estender-se, incorporando as fontes poluidoras nas zonas limítrofes mas que, porventura, afectam o ambiente físico no interior da zona/aglomeração, de forma a ser possível discutir os principais contribuidores para os níveis de poluição de larga escala, caso o transporte de longa – distância seja uma causa importante para as excedências.

6. Análise da situação

É recomendável discutir os elementos, anteriormente descritos, juntos de uma forma integrada.

Para melhor entender a contribuição das fontes é conveniente avaliar os níveis de fundo regional e de fundo total.

O nível de fundo é a concentração de poluentes a uma escala mais vasta que a zona de excedência. O nível de fundo regional é o nível estimado na ausência de fontes num raio da ordem dos 30 km. No caso de uma grande cidade (ou de uma aglomeração que, no nosso caso, é constituída por um contínuo urbano) esta concentração não equivale à concentração urbana de fundo mas sim à concentração de fundo numa área não urbana (daí assumir os contornos de regional, pois refere-se a localizações afastadas do local de medição). O nível de fundo total é o nível estimado na ausência de fontes locais (com chaminés elevadas num raio de cerca de 5 km e fontes fracas num raio de, aproximadamente, 0,3 km – esta distância pode ser menor no caso do aquecimento doméstico). O nível de fundo total inclui o nível de fundo regional. Numa cidade, o nível de fundo total é o nível de fundo urbano, isto é, o nível que ocorreria na ausência de fontes significativas na proximidade imediata. Numa zona rural, o nível de fundo total é praticamente equivalente ao nível de fundo regional.

Os esclarecimentos sobre as possíveis medidas de melhoramento da qualidade do ar que são referidos no anexo IV da Directiva – Quadro podem ser entendidos como uma análise do cenário de base. Pois o facto de existir uma determinada excedência ao VL + MT no ano de referência não significa necessariamente que o VL seja ultrapassado no ano de cumprimento. Pode, eventualmente, acontecer que as medidas já em curso e/ou planeadas à margem da implementação de um determinado PP sejam suficientes para o cumprimento dos VL nos prazos fixados. Neste caso, constatar-se-ia que não seriam necessárias medidas adicionais. Assim, é determinante conseguir caracterizar o cenário-base. Neste contexto o cenário-base significa a previsão das concentrações para o futuro, assumindo que não é implementada nenhuma medida adicional, devendo considerar-se apenas as medidas preconizadas ao abrigo das políticas, medidas e instrumentos em curso que contribuem, directa ou indirectamente para a redução das concentrações dos poluentes. Um exemplo das alterações que deverão ser contempladas neste cenário pode ser a aplicação progressiva das Directivas que impõem novos valores-limite de emissão, ao nível do escape dos veículos automóveis. A estimativa das concentrações efectuadas de acordo com estes pressupostos para os anos de cumprimentos dos VL designa-se por cenário “*business as usual*”.

Tipicamente, a previsão da concentração de base no local de excedência requer o cálculo através de modelos, onde sejam tomadas em consideração os futuros níveis de fundo (regional e total) e as contribuições das fontes.

Existe um aspecto que se entende como sendo uma responsabilidade adicional por parte da entidade que elabora o PP que é o modo como lida com as incertezas associadas às estimativas.

Esta incerteza surge como consequência natural do facto dos dados de entrada, por exemplo quantitativos de tráfego, terem uma margem de erro associada visto não serem medições efectivas mas sim resultados esperados, os quais surgem a partir da aplicação de um qualquer algoritmo. A incerteza associada é também resultado das flutuações da meteorologia, nomeadamente no caso da modelação de fontes fixas. Parece prudente que as simulações efectuadas reflectam diferentes cenários de emissões e que dentro destes se avaliem sempre, pelo menos, duas situações típicas: a situação mais frequente e mais crítica, do ponto de vista meteorológico: um Período de Verão e outro de Inverno.

7. Informação sobre as medidas ou programas de melhoria da qualidade do ar que já existiam antes da entrada em vigor do presente diploma

Deve ser feita uma análise de tendência dos anos anteriores ao ano de referência, até para credibilizar as previsões das tendência futuras.

Para se avaliar o cenário de base terá que se ter um conhecimento sério das medidas e programas de melhoria da qualidade do ar que já se encontram em curso. As políticas devem ser apresentadas discriminadamente, sejam elas internacionais, nacionais, regionais ou mesmo locais.

Se depois da análise das medidas em curso, e ponderadas as flutuações usuais nas concentrações de qualidade do ar, devido a diferentes condições meteorológicas e de emissões, as autoridades responsáveis estiverem confiantes que o VL não será ultrapassado no ano de cumprimento, então não será necessário definir medidas adicionais.

8. Informação sobre as medidas ou programas adoptados com vista a reduzir a poluição, na sequência da entrada em vigor do presente diploma

O conhecimento quer da situação existente quer da sua tendência servirá de ferramenta base na concepção de medidas adicionais. Fará sentido intervir nas fontes que estão identificadas no inventário como sendo aquelas que mais contribuem para as concentrações observadas na aglomeração, mas tem que se ter em conta uma análise de custo-eficácia. Além disso, antes de ser feita a sua hierarquização há que quantificar o nível de melhoria resultante da implementação das medidas. A avaliação do tipo de medidas face aos objectivos pretendidos será um passo fundamental na selecção das mais adequadas.

Os PP nesta matéria devem incluir, no mínimo, a seguinte informação:

- Identificação dos sectores afectos às medidas;
- Descrição das medidas em termos de acções tomadas e alvos associados;
- Descrição dos efeitos das medidas nas emissões. A eficiência deve ser prevista em termos absolutos e relativos para cada ano de implementação até à data de cumprimento dos VL;
- Expor os efeitos previstos das medidas na qualidade do ar, explicando qual a metodologia usada para as previsões e a incerteza associada;
- Calendarização das acções;

A calendarização de um PP deverá ter em vista fornecer informação relativamente aos prazos estimados para que determinada medida produza efeitos. Assim as medidas a curto, médio e a longo prazo deverão ser calendarizadas face à hierarquização resultante da análise custo-eficácia.

Como a Comissão Europeia vai verificar a implementação dos PP, através da informação que lhe é enviada pelos EM, é recomendável que seja elaborado um cronograma do programa com metas quantificáveis que contemple as actividades poluidoras que são afectadas pelas medidas.

- Lista dos indicadores usados para a monitorização dos progressos das medidas.

Para monitorizar eficácia das medidas, não é suficiente nem adequado seguir só a evolução dos níveis de concentração, já que eles podem mudar devido a outras causa que não as programadas. Com efeito os resultados da aplicação de uma medida podem ser mascarados por vários factores sendo que o mais relevante é a meteorologia. Os aspectos a ter em atenção no desenvolvimento de indicadores devem permitir obter informação mais simples e directamente relacionadas com a medida a ser avaliada. Assim os indicadores a utilizar devem estar directamente correlacionados com a medida. Podem utilizar-se vários, nomeadamente:

- Concentrações de poluentes atmosféricos;
- Indicadores de efeito directo (volume de tráfego, tipo de tráfego, tipologia das indústrias);
- Indicadores de efeito indirecto (por exemplo: número de empresas certificadas pelas ISO 14001);
- Indicadores de outras áreas correlacionadas (por exemplo: níveis de ruído, utilização de transportes públicos).

As medidas propostas num PP devem ter a melhor relação possível de custo/eficiência. Assim, surge a necessidade de se calcular ou estimar os custos envolvidos na implementação de uma medida e os seus benefícios. A análise custo-eficácia tem função de facilitar a hierarquização das opções de medidas a tomar.

Os custos das medidas devem ser expressos na mesma unidade, de forma a serem comparáveis entre si e permitirem assim um estabelecimento de prioridades mais racional.

A análise custo-eficácia baseada numa abordagem qualitativa quer dos custos quer da melhoria expectável da qualidade do ar, para cada uma das medidas ou conjunto de medidas (eficácia), associada à análise dos benefícios resultante da implementação dessas medidas, nomeadamente impactes positivos na população afectada (saúde, qualidade de vida e socio-económicos) permitirá ao decisor estabelecer prioridades de acção dentro das medidas identificadas. Assim, a expressão das várias medidas por este meio permite uma comparação directa e o estabelecimento de prioridades mais racional tendo por base uma abordagem multicritérios.

9. Informações sobre as medidas ou programas a longo prazo, previstos ou planeados

Nos PP devem constar todo o tipo de medidas que afectem significativamente a magnitude das excedências e que sejam tecnicamente viáveis. Pode, eventualmente, incluir medidas que possam ser tomadas por outras autoridades, nomeadamente a CE. Por isso, será útil distingui-las ao nível local, regional, nacional ou comunitário, permitindo que mesmo entidades administrativas a alto nível possam ser sensibilizadas para a implementação de outras acções.

Obviamente, devem ser também descritas as medidas seleccionadas a implementar e identificadas as autoridades responsáveis pela sua implementação de forma a ser possível responsabilizar quando as acções não forem concluídas.

Devem ser consideradas medidas, planeadas ou ainda a serem desenvolvidas, diferentes das contempladas nos PP, que sejam porventura, até mais eficientes no cumprimento do VL, mas que não podem no momento ser introduzidas. Incluem-se neste grupo todas as medidas que não são técnica ou economicamente viáveis.

Os PP devem também discutir planos de acção a tomar de imediato, após a data de cumprimento do VL, quando houver o risco destes serem ultrapassados, conforme o artigo 7.3 da Directiva – Quadro.

10. Lista das publicações, documentos, trabalhos, etc., utilizados para completar a informação requerida no presente anexo.

