



**Universidade de Aveiro** Departamento de Ambiente e Ordenamento  
2013

**Ana Rita Pires Clara**

**Análise da Qualidade do Ar da Região Centro –  
Validação de Políticas**



Universidade de Aveiro Departamento de Ambiente e Ordenamento  
2013

**Ana Rita Pires Clara**

**Análise da Qualidade do Ar da Região Centro –  
Validação de Políticas**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Gestão e Políticas Ambientais, realizada sob a orientação científica da Doutora Myriam Lopes, Professora Auxiliar, e da Doutora Joana Ferreira, Estagiária de Pós-Doutoramento do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

"Nunca o homem inventará nada mais simples  
nem mais belo do que uma manifestação da natureza."

- Leonardo Da Vinci

***o júri***

presidente

**Prof. Doutora Myriam Alexandra dos Santos Batalha Dias Nunes Lopes**  
professora auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

**Doutora Susana Marta Lopes Almeida**  
investigadora Auxiliar do Centro de Ciências e Tecnologias Nucleares da Universidade Técnica de Lisboa

**Doutora Joana Cardoso Ferreira**  
estagiária de pós-doutoramento do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

***agradecimentos***

Gostaria de agradecer e mostrar o meu apreço a todos os que me apoiaram durante a elaboração desta dissertação.

À Prof.<sup>a</sup> Doutora Myriam Lopes, minha orientadora, pela sua disponibilidade, apoio e valiosas sugestões fornecidas ao longo da dissertação, bem como pelos conhecimentos transmitidos.

À Doutora Joana Ferreira, minha coorientadora, pelo auxílio demonstrado, pelos comentários e termos técnicos pertinentes para a dissertação.

À Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDR-C), em especial ao Eng.<sup>o</sup> Francisco Póvoas e à Eng.<sup>a</sup> Helena Lameiras que, ao longo deste trabalho, contribuíram através da disponibilização de informação que possibilitou e enriqueceu a elaboração deste trabalho.

**A todos que de uma maneira ou outra contribuíram para a elaboração desta dissertação, muito Obrigada!**

**palavras-chave**

Monitorização da qualidade do ar, região Centro, PM10, O<sub>3</sub>.

**resumo**

O aumento da população residente e o desenvolvimento industrial verificado na região Centro estão associados, principalmente, a unidades de produção e a um aumento progressivo do tráfego rodoviário, levando a um acréscimo das emissões de poluentes devido ao seu recurso a combustíveis fósseis. Como consequência, o nível de poluição atmosférica tem aumentado consideravelmente, estando na origem da degradação da qualidade do ar. Porém, a crescente preocupação com a preservação da qualidade do ar esteve na origem de legislação, planos e programas para prevenir, reduzir e/ou evitar as elevadas concentrações dos poluentes na atmosfera.

O objetivo da presente dissertação consistiu na análise da influência dos parâmetros meteorológicos na qualidade do ar na Região Centro, no que diz respeito aos poluentes partículas (PM10) e ozono (O<sub>3</sub>) e aos seus níveis na atmosfera, bem como determinar a eficácia das medidas do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro. Para isso elaborou-se o estado da arte relativamente à temática da poluição atmosférica, medidas e instrumentos para a gestão da qualidade do ar e políticas para o recurso ar. Efetuou-se o estudo e caracterização da região Centro, no que diz respeito à qualidade do ar (PM10 e O<sub>3</sub>). Foram recolhidos dados da qualidade do ar e dados meteorológicos com o intuito de compreender a evolução da tendência dos poluentes em estudo. Utilizaram-se testes estatísticos para proceder à análise de correlações e avaliar de que forma as condições meteorológicas influenciam a qualidade do ar na região Centro.

Após a análise do plano de melhoria verificou-se que, ao contrário do que se previa, em 2011 as concentrações de PM10 aumentaram na região Centro, o que demonstra que as medidas implementadas não foram suficientes para reduzir as concentrações de PM10 para o valor previsto. A avaliação efetuada permitiu concluir que os poluentes PM10 e O<sub>3</sub> não apresentaram uma variação da tendência significativa, enquanto para o NOx a tendência decresceu. No que diz respeito aos testes estatísticos, foi nas estações rurais que se verificaram as maiores correlações nos vários conjuntos analisados. Através da análise dos episódios de poluição selecionados conclui-se que os casos de excedências podem ser devidos a eventos naturais, enquanto que a extensão dos episódios pode ser influenciada pelos parâmetros meteorológicos, que podem dificultar a dispersão dos poluentes.

**keywords**

Air quality monitoring, Central Region, PM10, O<sub>3</sub>.

**abstract**

The population growth and industrial development occurred in the Central region of Portugal are mainly associated to production units and a progressive increase of road traffic, leading to an increase of atmospheric emissions due to the use of fossil fuels. As a result, the level of pollution has increased considerably since the industrial revolution. However, the growing concern on the preservation of air quality has led to the establishment of legislation, plans and programs to prevent, reduce and/or avoid the high concentrations of pollutants in the atmosphere.

The aim of this thesis consisted in the analysis of the influence of meteorological parameters on air quality in the Central Region, regarding the pollutants particles (PM10) and ozone (O<sub>3</sub>) and their levels in the atmosphere, and determine the effectiveness of the Plan to improve Air Quality in the Central Region. Firstly, a state of the art was performed regarding air pollution, measures and tools for air quality management and policy. Then, the Central Region was characterized in terms of air quality (PM10 and O<sub>3</sub>). Air quality and meteorological data were collected and their trends analyzed. Statistical tests were applied to identify correlations between meteorological parameters and air quality levels and to evaluate the impact of weather events on air quality.

After the analysis of the improvement plan it was verified that, contrary to what was predicted in 2011, PM10 concentrations increased in the Central region, which shows that the measures taken were not sufficient to reduce PM10 concentrations for the expected amount. The evaluation conducted allowed to conclude that PM10 and O<sub>3</sub> did not show significant variation of the tendency while the tendency for NO<sub>x</sub> decreased. Regarding the statistical tests, the highest correlations were obtained for the rural stations in the various sets analyzed. The analysis of the selected pollution episodes showed that the exceedances to the legislated values may be due to natural events, but the extension of the episodes can be influenced by meteorological parameters, which may hinder the dispersion of pollutants.

### **Lista de Acrónimos**

**APA** – Agência Portuguesa do Ambiente

**CCDR** – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional

**CCDR-C** – Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro

**CO<sub>2</sub>** – Dióxido de Carbono

**COV** – Compostos Orgânicos Voláteis

**CTCV** – Centro Tecnológico da Cerâmica de Vidro

**DGEG** – Direção Geral de Energia e Geologia

**DL** – Decreto-Lei

**EMA** – Estação Meteorológica Automática

**INE** – Instituto Nacional de Estatística

**MAMAOT** – Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território

**NOAA** - *National Oceanic and Atmospheric Administration*

**NO<sub>x</sub>** – Óxidos de Azoto

**O<sub>3</sub>** - Ozono

**PM** – Matéria Particulada

**PM<sub>10</sub>** – Partículas em Suspensão com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 µm

**PNAC** – Programa Nacional para as Alterações Climáticas

**PNAEE** – Plano Nacional da Ação para a Eficiência Energética

**RUEMA** – Rede Urbana de Estações Meteorológicas Automáticas

**SPSS** – *Statistical Package for the Social Sciences*

**t** – Toneladas

**UV** - Ultravioleta

**VL** – Valor Limite



## **Índice**

1.	Introdução.....	1
2.	Estado da Arte .....	3
2.1	Poluição Atmosférica .....	3
2.1.1	Partículas.....	6
2.1.2	Ozono.....	7
2.2	Gestão da Qualidade do Ar .....	9
2.2.1	Enquadramento Legal.....	9
2.2.2	Instrumentos .....	12
3.	Qualidade do Ar na Região Centro .....	15
3.1	Enquadramento Geográfico .....	15
3.2	Caraterização Socioeconómica.....	16
3.3	Monitorização da Qualidade do Ar.....	18
3.4	Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro .....	28
3.4.1	Cenários do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro .....	29
3.4.2	Avaliação da eficácia dos Planos e Programas .....	32
4.	Análise da influência dos parâmetros meteorológicos na Qualidade do Ar.....	39
4.1	Abordagem Metodológica .....	39
4.2	Análise de Dados da Qualidade do Ar .....	39
4.2.1	Análise de tendências .....	40
4.2.2	Análise de perfis médios diários.....	42
4.2.3	Análise estatística .....	44
4.2.4	Relação entre os poluentes PM10, O <sub>3</sub> e NO <sub>x</sub> .....	46
4.3	Relação entre Qualidade do Ar e Meteorologia.....	49

4.3.1 Parâmetros Meteorológicos.....	50
4.3.2 Correlação entre dados de qualidade do ar e dados meteorológicos.....	62
4.4 Análise de episódios de poluição .....	66
5. Conclusões .....	85
Referências Bibliográficas .....	88
Anexos.....	95
Anexo I - Instrumentos relevantes de política nacional previstos na área da gestão do ar (PNAC 2006).....	1-A
Anexo II – Descrição da Metodologia 2 enumerada no Plano de Melhoria.....	5-A
Anexo III - Instrumentos relevantes de política nacional previstos na área energia (PNAEE – Portugal eficiência 2015).....	6-A
Anexo IV – Análise da evolução da produção e consumo de energia elétrica a nível Nacional .....	7-A
Anexo V – Estimativa de emissões provenientes do consumo de combustíveis a nível nacional e na região Centro.....	8-A
Anexo VI – Excedências ao Limiar de Informação ao Público de O <sub>3</sub> .....	10-A

## **Índice de Figuras**

<b>Figura 1</b> - Imagem do satélite <i>Aqua</i> (a), captada no dia 25.07.2004 e do satélite <i>Terra</i> (b), captada no dia 04.08.2005 (ALMEIDA <i>et al.</i> , 2010).....	7
<b>Figura 2</b> - Ciclo simplificado do ozono troposférico (URL3) .....	9
<b>Figura 3</b> - Esquema relativo à Legislação Comunitária e Nacional sobre a Qualidade do Ar...11	
<b>Figura 4</b> - Distribuição espacial de emissões de PM10 na Região Centro em 2009 (kg/km <sup>2</sup> ) (ALMEIDA <i>et al.</i> , 2010).....	14
<b>Figura 5</b> - Delimitação da NUT III na Região Centro (ALMEIDA <i>et al.</i> , 2010; URL1).....	15
<b>Figura 6</b> - Classificação climática de Köppen-Geiger na Península Ibérica (adaptado de <i>Atlas Climático Ibérico</i> , CHAZZARA <i>et al.</i> , 2012).....	16
<b>Figura 7</b> - Distribuição da população residente em Portugal em 2011 (URL4) .....	17
<b>Figura 8</b> - Distribuição da população residente na Região Centro em 2011 (URL4) .....	18
<b>Figura 9</b> - População empregada em Portugal por setor de atividade (URL5).....	18
<b>Figura 10</b> - Delimitação das Zonas e Aglomerações da Região Centro e respetivas estações de monitorização (LAMEIRAS, 2011; URL1) .....	19
<b>Figura 11</b> - Número total de excedências ao Valor-Limite diário do poluente PM10 nas estações da região Centro .....	23
<b>Figura 12</b> - Número total de excedências ao Valor-Limite diário descontando os eventos naturais do poluente PM10.....	24
<b>Figura 13</b> - Médias anuais do poluente PM10.....	25
<b>Figura 14</b> - Evolução das emissões de PM10 previstas com o cenário conservador (URL1) ...	30
<b>Figura 15</b> - Produção e consumo de energia elétrica para Portugal (URL10) .....	32
<b>Figura 16</b> – Energia consumida pelo setor industrial na região Centro (CCDR-C).....	33
<b>Figura 17</b> – Estimativa de emissões de partículas provenientes da indústria na região Centro (77 Concelhos).....	34
<b>Figura 18</b> - Venda de combustíveis para consumo na região abrangida pela CCDR-C (77 Concelhos).....	35

<b>Figura 19</b> - Emissões de PM10 pelo tráfego na região Centro (t).....	36
<b>Figura 20</b> - Resultados das medidas implementadas e avaliação da eficácia dos sectores, relativos a 2010 (URL1).....	37
<b>Figura 21</b> - Resultados das medidas implementadas e avaliação da eficácia dos sectores relativos a 2011 (URL1).....	38
<b>Figura 22</b> – Evolução das concentrações médias horárias e tendência linear para os poluentes PM10, O <sub>3</sub> e NO <sub>x</sub> nas diversas estações de monitorização da qualidade do ar ao longo do período de estudo (2003-2011), o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e, o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....	40
<b>Figura 23</b> - Perfil médio diário das concentrações de PM10, O <sub>3</sub> e NO <sub>x</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar; as linhas a verde representam as estações rurais, as linhas na graduação azul as estações urbanas de fundo e as linhas vermelhas são representativas das estações urbanas/industriais .....	43
<b>Figura 24</b> – Parâmetros estatísticos das concentrações médias diárias para os poluentes PM10 e NO <sub>x</sub> e das médias horárias para o poluente O <sub>3</sub> por ano e estação de monitorização; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais.....	44
<b>Figura 25</b> - Relação entre as concentrações dos poluentes em estudo, para as várias estações e considerando o período de estudo; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....	47
<b>Figura 26</b> – Localização das estações de qualidade do ar e meteorológicas na região Centro..	49
<b>Figura 27</b> - Relação entre os poluentes em estudo e a temperatura para as várias estações e considerando o período de estudo; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....	51
<b>Figura 28</b> - Concentração média do poluente PM10 por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de primavera-verão de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....	54
<b>Figura 29</b> - Concentração média do poluente PM10 por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de outono-inverno de	

2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....55

**Figura 30** - Concentração média do poluente O<sub>3</sub> por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de primavera-verão de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....57

**Figura 31** - Concentração média do poluente O<sub>3</sub> por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de outono-inverno de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....58

**Figura 32** - Concentração média do poluente NO<sub>x</sub> por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de primavera-verão de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....60

**Figura 33** - Concentração média do poluente NO<sub>x</sub> por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de outono-inverno de 2003-2011; o círculo a verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais .....61

**Figura 34** – Evolução temporal das concentrações médias diárias de PM<sub>10</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar urbanas/industriais, urbanas de fundo e rurais e identificação dos períodos em que o VL diário foi ultrapassado.....67

**Figura 35** – Evolução temporal das concentrações máximas diárias de O<sub>3</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar urbanas/industriais, urbanas de fundo e rurais e identificação dos períodos em que o Limiar de Informação e de Alerta ao Público foram ultrapassados .....68

**Figura 36** - Concentrações horárias de PM<sub>10</sub> e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 20 e 21 de fevereiro de 2009 .....70

**Figura 37** - Índice de aerossóis fornecido pelo modelo BSC-DREAM8b durante o episódio 1 (URL12).....71

**Figura 38** - Concentrações horárias de PM<sub>10</sub> e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 27 a 29 de julho de 2010 .....72

<b>Figura 39</b> - Localização dos incêndios ocorridos em Portugal Continental no período de 27 a 30 de julho de 2010 (URL11).....	73
<b>Figura 40</b> - Índice de aerossóis fornecido pelo modelo BSC-DREAM8b durante o episódio 2 (URL12).....	73
<b>Figura 41</b> - Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento) medidos nos dias 14 a 19 de dezembro de 2010.....	74
<b>Figura 42</b> - Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 5 a 6 de fevereiro de 2011.....	75
<b>Figura 43</b> - Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 26 a 31 de dezembro de 2011.....	76
<b>Figura 44</b> - Concentrações horárias de O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 11 e 12 de agosto de 2009.....	78
<b>Figura 45</b> - Concentrações horárias de O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> e parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento) medidos nos dias 27 e 28 de julho de 2010.....	80
<b>Figura 46</b> - Localização dos incêndios ocorridos em Portugal Continental no período de 27 a 28 de julho de 2010 (URL11).....	81
<b>Figura 47</b> - Concentrações horárias de O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 29 e 30 de agosto de 2010.....	83

### **Índice de Tabelas**

<b>Tabela 1</b> – Descrição dos principais poluentes atmosféricos e seus impactes na saúde pública (WHO, 2000; VALLERO, 2007) .....	5
<b>Tabela 2</b> - População residente e densidade populacional (URL4).....	17
<b>Tabela 3</b> - Características das Estações de Monitorização da Qualidade do Ar na Região Centro (URL1) .....	20
<b>Tabela 4</b> – Poluentes avaliados nas Estações de Monitorização da Qualidade do Ar na Região Centro (URL6).....	21
<b>Tabela 5</b> - Valores Limite e Margem de Tolerância para a Proteção da Saúde Humana relativo ao poluente PM10, segundo o Decreto-Lei n.º 111/2002, de 16 de abril, e o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.....	22
<b>Tabela 6</b> - Valores-Alvo, Limiares de Informação e Alerta, Objetivo a Longo-Prazo e Valores Limite Aplicáveis para o poluente ozono (O <sub>3</sub> ), segundo o Decreto-Lei n.º 102/2010.....	23
<b>Tabela 7</b> - Tabela-Resumo das eficiências e excedências ao VL diário de PM10 e ao Valor-Alvo para a Proteção Humana para o O <sub>3</sub> registadas nas diversas estações de monitorização da Região Centro no período de 2003 a 2011 (URL6) .....	26
<b>Tabela 8</b> - Estações Meteorológicas Automáticas (EMA/RUEMA) e Sinópticas (URL7) .....	27
<b>Tabela 9</b> - Emissões de PM10 da situação de referência e previstas para 2012 (t) (ALMEIDA <i>et al.</i> , 2010).....	30
<b>Tabela 10</b> - Perspetivas de evolução da concentração média anual e do número de excedências ao Valor-Limite diário de PM10 para as estações de Aveiro e Estarreja/Teixugueira.....	31
<b>Tabela 11</b> - Evolução da concentração média anual e do número de excedências ao Valor Limite Diário de PM10 registadas nas estações de Aveiro e Estarreja/Teixugueira.....	31
<b>Tabela 12</b> - Fator médio de emissão de partículas para fontes rodoviárias (g/t).....	35
<b>Tabela 13</b> - Correlação bivariada de <i>Pearson</i> entre O <sub>3</sub> e NO <sub>x</sub> , temperatura e velocidade do vento, para as estações de monitorização da qualidade do ar localizadas na região Centro, para os anos em estudo .....	63

**Tabela 14** - Influência da concentração de NO<sub>x</sub> registada várias horas antes nos valores registados de O<sub>3</sub> nas diferentes estações de monitorização da qualidade do ar através da correlação bivariada de *Pearson*, para os anos em estudo .....64

**Tabela 15** - Correlação bivariada entre PM<sub>10</sub> e NO<sub>x</sub>, temperatura e velocidade do vento, para as estações de monitorização da qualidade do ar localizadas na região Centro, para os anos em estudo .....65

**Tabela 1-A** - Medidas Propostas para o Sector de Oferta e Procura de Energia e para o Sector dos Transportes..... 1-A

**Tabela 2-A** - Medidas propostas para o Sector Residencial e Serviços ..... 6-A

**Tabela 3-A** - Produção e Consumo de Energia Elétrica a nível Nacional (GW.h) (DGEG, 2013) ..... 7-A

**Tabela 4-A** - Venda de Combustíveis para Consumo a nível Nacional (Portugal e Ilhas) (DGEG, 2013) ..... 8-A

**Tabela 5-A** - Venda de combustíveis para consumo na região abrangida pela CCDRC (77 Concelhos) (INE, 2013) ..... 9-A

**Tabela 6-A** - Afetação dos combustíveis para a região Centro..... 9-A



## 1. Introdução

Apesar da poluição ter estado sempre presente, antigamente o planeta tinha uma capacidade auto-depuradora, ou seja, conseguia recuperar rapidamente dos danos provocados pelos mesmos uma vez que os poluentes existiam em baixos níveis. Contudo, ao longo dos últimos anos estes níveis têm aumentado, com o aumento da população e o desenvolvimento industrial e tecnológico a contribuir significativamente para o aumento desmesurado destes problemas.

A poluição define-se como a libertação de substâncias nocivas para o meio ambiente, sendo esta em grande medida consequência das atividades antropogénicas, provocando alterações nos ecossistemas existentes, levando, no limite, à extinção de espécies (CE, 1987; VALLERO, 2007). O conceito de Qualidade do Ar consiste no nível de alteração da troposfera (camada inferior da atmosfera). Este conceito assume particular importância no domínio da saúde pública (LIU E LIPTAK, 2000; VALLERO, 2007).

Nas últimas décadas, a melhoria da qualidade do ar foi uma das principais preocupações da política comunitária em matéria de ambiente. Com isto em mente, foi elaborada e colocada em vigor legislação relativa à qualidade do ar, mostrando que é possível dissociar o crescimento económico da degradação do ambiente.

No que diz respeito às emissões gasosas e qualidade do ar da região Centro, é da competência da Direção de Serviços de Ambiente (DSA) acompanhar e avaliar os resultados de monitorização ambiental relativos ao ar, ruído e resíduos. Deste modo, isto permitirá garantir a operacionalidade das redes e equipamentos de monitorização que sejam da responsabilidade da CCDR, assegurar informação atempada das excedências aos níveis de qualidade do ar legislados para proteção da saúde humana e dos ecossistemas. Também permite garantir o cumprimento do regime de prevenção e controlo das emissões poluentes para a atmosfera, estabelecendo as medidas, elaborar planos de ação para melhoria da qualidade do ar e promover a sua implementação, com o intuito de evitar ou reduzir a níveis aceitáveis a poluição atmosférica causada (URL1).

É de salientar que em situações de incumprimento dos Valores-Limite definidos para cada poluente, é obrigatória a elaboração e aplicação de planos e programas a fim de restaurar os valores exigidos num prazo razoável. Esta elaboração e execução dos Planos de Melhoria é, no entanto, apenas obrigatória se a poluição atmosférica tiver origem antropogénica. Na Região Centro, o poluente PM10 apresenta problemas relativamente à qualidade do ar, com consequente necessidade da CCDR desenvolver e implementar um Plano de Melhoria da Qualidade do Ar, que aguarda aprovação e publicação em Conselho de Ministros desde Outubro de 2010 (PÓVOAS E CLARA, 2012). No que diz respeito ao poluente O<sub>3</sub>, este também tem apresentando excedências ao VL legislado nos últimos anos, sendo presumível a elaboração de um plano de melhoria para este

poluente, no entanto é preciso apresentar três anos com excedências ao Valor-Limite. Assim sendo, ainda não se pode ser elaborado o plano de melhoria, uma vez que não passaram três anos desde que o Decreto-Lei está em vigor.

A presente dissertação tem como principal objetivo determinar a eficácia das medidas do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro, analisar a influência das condições meteorológicas na Qualidade do Ar relativos ao poluente PM10 e O<sub>3</sub> e analisar os seus níveis na atmosfera. Para isso serão cruzados os dados de monitorização de qualidade do ar com os dados meteorológicos para determinar se existem tendências. O trabalho consistiu na realização de várias tarefas que incluem: estado da arte relativamente à temática da poluição atmosférica, análise de medidas e instrumentos para a gestão da qualidade do ar e políticas para o recurso ar, o estudo da Região Centro, no que diz respeito à Qualidade do Ar, em particular os poluentes PM10 e O<sub>3</sub>, a análise da evolução da concentração dos poluentes e a análise da tendência destes, a análise de correlações entre os parâmetros meteorológicas e a qualidade do ar. De uma forma geral, a elaboração desta dissertação pretende responder às seguintes questões: “O plano adotado está a ser implementado?”, “Qual a influência das condições meteorológicas na qualidade do ar?” e “Como evoluiu a qualidade do ar na Região Centro nos anos a seguir ao Plano de Melhoria?”.

A dissertação está organizada em cinco capítulos. O primeiro capítulo contém a introdução, que contextualiza a problemática do tema, os objetivos gerais e específicos estabelecidos e a metodologia utilizada para atingir os objetivos propostos. O segundo capítulo apresenta o estado da arte relativamente à temática da poluição atmosférica, incluindo os tipos de fontes de poluição na região Centro, uma caracterização dos poluentes emitidos e do seu impacto na saúde pública, o enquadramento legal e os instrumentos para a gestão da qualidade do ar. O terceiro capítulo diz respeito à qualidade do ar na região Centro, onde se faz o enquadramento geográfico da região, a sua caracterização socioeconómica, a monitorização da qualidade do ar e a descrição do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar na Região Centro e a análise do contributo dos planos e programas. No quarto capítulo é analisada a influência dos parâmetros meteorológicos na qualidade do ar, a relação entre dados da qualidade do ar e meteorológicos e uma análise de episódios de poluição. Por fim, o quinto capítulo expõe as conclusões retiradas da análise realizada, bem como as limitações na elaboração da dissertação e algumas recomendações relativas ao caso de estudo.

## **2. Estado da Arte**

A Qualidade do Ar tem sido um dos alvos principais de estudo por parte do Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (MAMAOT) no quadro da Agência Portuguesa do Ambiente (APA). Em coordenação com as Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR), no território de Portugal Continental, e com as Direções Regionais do Ambiente (DRA) nas Regiões Autónomas da Madeira e Açores (URL2). A consciencialização para este problema não foi imediata, muito pelo contrário, a indústria cresceu desmesuradamente durante décadas e com ela a emissão de gases poluentes.

### **2.1 Poluição Atmosférica**

A poluição atmosférica consiste na alteração da composição química natural da atmosfera resultante das diferentes atividades humanas (essencialmente indústria, transportes e produção de energia) e de fenómenos naturais (erupções vulcânicas e incêndios, entre outros) (LIU e LIPTAK, 2000; AMANN, 2004; CARVALHO, 2006). De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o aquecimento global/alterações climáticas, a deterioração da camada de ozono (que com a implementação dos compromissos do Protocolo de Montreal, em 1987, sobre as Substâncias que Empobrecem a Camada de Ozono, e das suas Emendas é exemplo de sucesso das políticas ambientais), e também a degradação do ar que se respira são efeitos deste tipo de poluição (WHO, 1999; WHO, 2003).

As fontes de poluição podem ser classificadas quanto à sua origem, podendo ser naturais ou antropogénicas, dependendo se resultam da atividade vulcânica, das plantas, do solo, entre outras, ou da atividade humana, *cf.* Tabela 1. Por outro lado, as fontes de poluição também se podem distinguir de acordo com a natureza das emissões, sendo possível distinguir: as fontes pontuais, que dizem respeito a fontes localizadas num ponto, como uma unidade fabril; as fontes lineares, correspondentes às emissões expelidas ao longo de uma linha como se verifica no tráfego rodoviário e/ou ferroviário; e as fontes em área, que se referem a emissões difusas (LIU e LIPTAK, 2000; SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007). Já no que diz respeito à origem dos poluentes, estes podem ser primários, se forem emitidos diretamente para o ambiente pelas fontes de poluição (como o NO<sub>x</sub>), ou secundários como o O<sub>3</sub>, se resultarem de reações ou conversões entre poluentes primários na atmosfera (SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007).

Na Região Centro existe um elevado contributo das fontes de emissão pontuais associadas: à indústria (cerâmica, pasta de papel, cimenteiras, aglomerados, vidro, metalomecânica, alimentar, entre outras); vias de circulação ferroviária e rodoviária; produção de eletricidade nas centrais térmicas a biomassa e a gás natural; atividades agrícolas; instalações portuárias – Porto de Aveiro e da Figueira da Foz, entre outras (URL1).

A exposição à poluição atmosférica tem riscos para a saúde pública, sendo que estes riscos dependem do tempo de exposição e das concentrações dos poluentes, como se pode verificar na Tabela 1. Estes fatores não são lineares, isto é, nem sempre a exposição a concentrações menos elevadas é melhor, por exemplo, a exposição a concentrações elevadas de baixa duração pode ser menos nociva para a saúde do que a exposição a concentrações baixas de poluentes durante um longo período de tempo. O impacto negativo na saúde pública, por sua vez, depende de fatores inerentes às pessoas exposta como o estado nutricional, a idade, a predisposição genética e a condição física (WHO, 1999; WHO, 2003; VALLERO, 2007).

**Tabela 1** – Descrição dos principais poluentes atmosféricos e seus impactos na saúde pública (WHO, 2000; VALLERO, 2007)

Composto	Descrição	Origem	Utilização	Impactes negativos na saúde pública
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	Gás denso, incolor, não-inflamável e altamente tóxico	Expelido pelos vulcões ou através da combustão de enxofre ou pirites	Produção de ácido sulfúrico	Pode potenciar ou agravar os efeitos de doenças respiratórias crónicas
Óxidos de Azoto (NOx)	NO - Gás incolor, inodoro e pouco tóxico NO <sub>2</sub> – Gás acastanhado, facilmente detetado, muito corrosivo, agente oxidante	Transformações microbianas nos solos e de descargas elétricas na atmosfera ou de queima de combustíveis a altas temperaturas	-	Doses elevadas pode provocar edema pulmonar e, em concentrações mais fracas, bronquite crónica
Chumbo (Pb)	Metal pesado, tóxico, maleável e mau condutor de eletricidade Coloração branco-azulada quando cortado e acinzentada quando exposto ao ar	O chumbo raramente é encontrado no seu estado elementar	Maioritariamente usado na construção civil, proteção contra raios-X, forma parte de ligas metálicas, fusíveis, revestimentos cabos elétricos, etc.	Aumento da pressão sanguínea, alterações no sistema nervoso, diminuição da fertilidade do homem, diminuição da aprendizagem em crianças, modificações no comportamento das crianças (agressão, impulsividade e hipersensibilidade), etc.
Benzeno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Líquido, inflamável, incolor, tem um aroma doce e agradável, tóxico	Materiais ricos em carbono passam por combustão incompleta.	Usado como solvente e matéria-prima básica na produção de muitos compostos orgânicos	Causam tontura, dores de cabeça e inconsciência
Monóxido de carbono (CO)	Gás levemente inflamável, incolor, inodoro e elevada toxicidade	Queima em condições de pouco oxigénio (combustão incompleta) e/ou alta temperatura	É usado na síntese de vários compostos orgânicos, como ácido acético, plásticos, metanol e formatos	Exposição a doses relativamente elevadas pode provocar problemas de visão, redução da capacidade de trabalho, da destreza manual, da capacidade de aprendizagem, dificuldade na resolução de tarefas complexas ou mesmo matar
Partículas (PM)	Poluentes no estado sólido, microscópicos, e pequenas gotículas	Provêm de erupções vulcânicas, transportes de PM10 do deserto, indústrias, queima de biomassa e transportes	Podem ter efeitos sinérgicos com outros poluentes	PM10 de maiores dimensões são depositadas, mas as de pequenas dimensões permanecem em suspensão e são inaladas, agravando as doenças respiratórias e irritando olhos, nariz e garganta
Ozono (O <sub>3</sub> )	Gás, instável, altamente reativo e oxidante	Moléculas de oxigénio quebram devido à radiação UV, e os átomos separados combinam-se com outras moléculas de oxigénio	Transformação de alcenos, poderoso germicida, remoção de sabores e odores indesejáveis; agente branqueador para compostos orgânicos	Provoca problemas respiratórios, smog, degrada tecidos e danifica plantas
Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)	Gás com alta pressão de vapor	São moléculas à base de carbono (aldeídos, cetonas) e outros hidrocarbonetos	Presente nas tintas decorativas, emissões de carros e decomposição de matéria orgânica.	Causam irritação dos olhos e vias respiratórias, dores de cabeça, náuseas e perda de equilíbrio
Clorofluorcarbonetos (CFCs)	Gás atóxico e sintético	Libertados pelos sistemas de ar condicionado e de refrigeração e por aerossóis	Utilizados pelos sistemas de ar condicionado e de refrigeração, extintores e aerossóis	Responsável pela destruição da camada do ozono e consequentemente às cataratas, cancro da pele e redução de colheitas e fitoplâncton

Para além dos impactos negativos na saúde pública, os poluentes PM10 e O<sub>3</sub> apresentam problemas no que diz respeito à qualidade do ar na região Centro. Deste modo, torna-se pertinente estudar mais detalhadamente estes poluentes.

### 2.1.1 Partículas

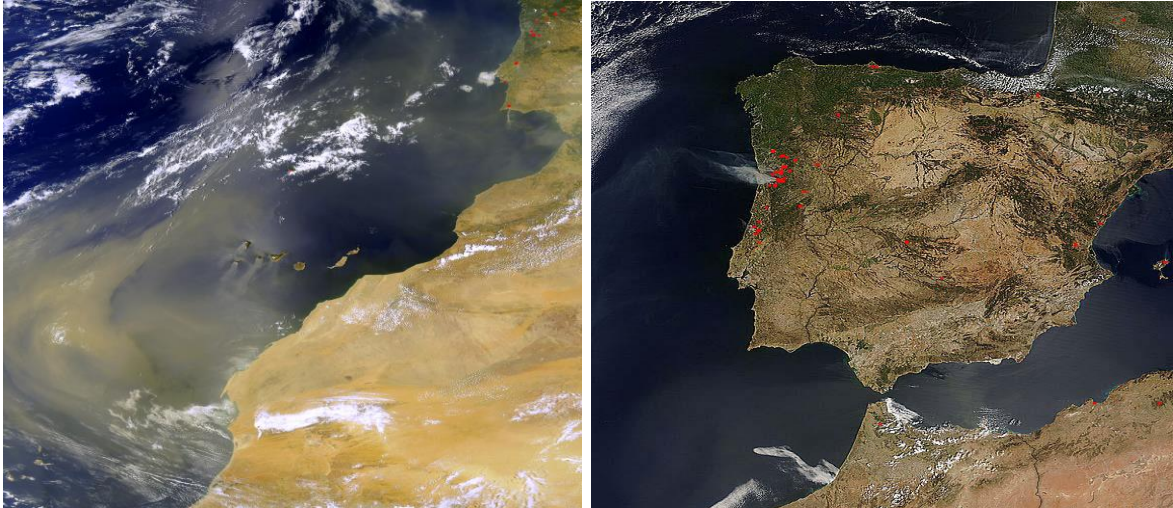
Uma partícula pode ser definida como qualquer matéria dispersa, sólida ou líquida, cujos agregados individuais sejam maiores do que pequenas moléculas. A matéria particulada (PM) em suspensão consiste numa mistura de compostos orgânicos e inorgânicos e pode apresentar-se sob a forma sólida ou líquida, variando na sua origem, composição e tamanho (WHO, 1999; WHO, 2003; SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007).

A dimensão de uma partícula é representada pelo diâmetro aerodinâmico (DA) devido às formas irregulares que algumas apresentam. A influência destas nos ecossistemas e na saúde pública varia consoante o seu tempo de permanência na atmosfera. Por sua vez, este tempo depende do diâmetro aerodinâmico da partícula, podendo variar entre algumas horas para as partículas maiores (superiores a 10  $\mu\text{m}$ ), até alguns dias para partículas inferiores a 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>). As partículas podem ser emitidas para a atmosfera por fontes naturais ou antropogénicas, transportadas por longas distâncias e levar a um decréscimo da temperatura se permanecerem muito tempo na atmosfera (HAMONOU *et al.*, 1999; SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007; LAMEIRAS, 2011).

Para além dos efeitos negativos que têm nos ecossistemas, as partículas são extremamente prejudiciais à saúde pública devido ao seu reduzido diâmetro, levando a um aumento do risco de doenças cardiovasculares e respiratórias, bem como de cancro de pulmão, podendo, numa última instância levar à morte (WHO, 2006).

As partículas podem ser divididas em primárias e secundárias. No caso das primárias, estas são emitidas diretamente da fonte de poluição ou formadas através de processo mecânicos. Por outro lado, as secundárias são formadas pela interação química de gases e partículas primárias ou pela condensação de gases (SEINFELD e PANDIS, 2006).

O conjunto de fenómenos naturais responsável pela presença de PM<sub>10</sub> na atmosfera designa-se por fonte natural, podendo ter origem marinha, sendo constituída por alguns sulfatos e cloreto de sódio como acontece na rebentação das ondas do mar (*spray* marinho); origem mineral, como a erosão do solo e/ou ressuspensão (constituídas por carbonatos, silicatos, óxidos de ferro e sulfato de cálcio), nomeadamente o transporte de partículas provenientes de regiões secas (desertos), incêndios florestais, ventos de grande velocidade, fenómenos vulcânicos, geotérmicos e sísmicos, tendo os quatro primeiros maior relevância; ou origem biogénica (constituídos por esporos, microrganismos, resíduos vegetais e pólen) (SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007; VAUTARD *et al.*, 2007; LAMEIRAS, 2011). A título de exemplo, na Figura 1, é visível o transporte de partículas proveniente das regiões secas de África (desertos do Saara e Sahel) e a pluma de fumo proveniente de incêndios, respetivamente.



**Figura 1** - Imagem do satélite *Aqua*, captada no dia 25.07.2004, e do satélite *Terra*, captada no dia 04.08.2005 (ALMEIDA *et al.*, 2010)

Quanto às fontes antropogénicas, a queima de combustíveis fósseis, o tráfego rodoviário, os processos industriais (fundições, cimenteiras, cerâmicas, construção civil, entre outros) e a combustão de biomassa no sector residencial, principalmente nas noites de inverno devido às lareiras, são os mais relevantes (SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007).

Relativamente aos processos de remoção de partículas na atmosfera, no que diz respeito às fontes naturais, a maioria é eventualmente removida da atmosfera por sedimentação (deposição por gravidade), reação (transformação), deposição por via seca bem como por deposição por via húmida são mecanismos de remoção usados para partículas em suspensão (VALLERO, 2007).

### 2.1.2 Ozono

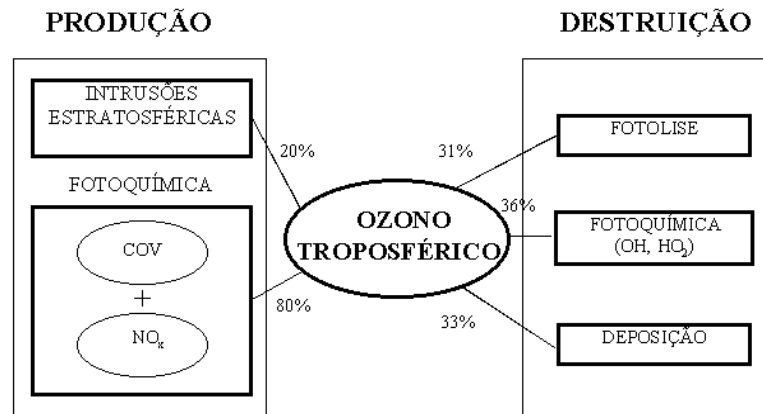
O ozono ( $O_3$ ) é um composto presente naturalmente na atmosfera. A fotólise do oxigénio molecular está na sua origem na estratosfera, cerca de 90% deste poluente (SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007; BARROS, 1999). Por outro lado, na troposfera o  $O_3$  é um poluente secundário formado através de um conjunto de reações fotoquímicas complexas envolvendo precursores, tais como compostos orgânicos voláteis (COV), monóxido de carbono (CO), óxidos de azoto ( $NO_x$ ). A produção fotoquímica resulta da dissociação do dióxido de azoto ( $NO_2$ ) pela radiação de baixo comprimento de onda, constituindo a principal fonte de oxigénio atómico (O) na troposfera, que em combinação com o oxigénio ( $O_2$ ) está na origem do  $O_3$ . A produção fotoquímica do  $O_3$  está dependente das radiações solares e das condições meteorológicas, sendo por isso favorecida na primavera e no verão.

Este poluente não se encontra homoganeamente distribuído e influencia o tempo de permanência de gases efeito de estufa (como o metano) na atmosfera. Trata-se do principal produto das reações fotoquímicas da atmosfera (80%) e intrusões estratosféricas ou transporte vertical (20%), é um gás altamente reativo, oxidante e instável. Devido ao seu processo de formação, a sua concentração é mais elevada nas zonas suburbanas e rurais, durante o período de primavera-verão, em situações de vento fraco e estabilidade da atmosfera, radiação solar forte e temperaturas elevadas, uma vez que não é consumido pelo poluente NO<sub>x</sub> como se verifica nos meios urbanos (BARROS, 1999; WHO, 2003; MAUZERALL *et al.*, 2005; SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007). É de salientar que o *smog fotoquímico* (ozono troposférico – O<sub>3</sub> – e dióxido de azoto – NO<sub>2</sub>), forma-se na presença da luz solar (radiações UV) e temperaturas mais altas, através da reação dos NO<sub>x</sub> com os compostos orgânicos voláteis (COVs) (AMANN, 2004; CARVALHO, 2006).

Note-se que é um dos poluentes mais críticos para a saúde humana, podendo causar problemas respiratórios, degradação dos tecidos e danifica os ecossistemas. As temperaturas elevadas são condições favoráveis à deflagração/propagação de incêndios florestais, fonte primária e natural de partículas como consequência da combustão (MAUZERALL *et al.*, 2005; SEINFELD e PANDIS, 2006; VALLERO, 2007; LAMEIRAS, 2011). Os incêndios florestais combinados com elevadas temperaturas poderão também conduzir a elevadas concentrações de O<sub>3</sub> na atmosfera, uma vez que são emitidos gases precursores deste poluente secundário. As partículas podem ser depositadas nas imediações do incêndio florestal ou podem ser transportadas por massas de ar ao longo de vários quilómetros, dependendo das condições meteorológicas (CE, 2004; MARTINS, 2007; MARTINS *et al.*, 2009; BORREGO *et al.*, 2011).

Devido ao facto de poder ser transportado a longas distâncias pelas massas de ar, transporte horizontal, o O<sub>3</sub> é considerado um poluente transfronteiriço (VALLERO, 2007; VAUTARD *et al.*, 2007). A Figura 2 apresenta, sumariamente, os processos de produção e remoção do O<sub>3</sub> na atmosfera. No que diz respeito aos sumidouros do ozono troposférico, 31% é relativo à fotólise, 36% da fotoquímica (hidróxilo e peróxido) e 33% relativos à deposição por via seca, sendo maior em meios rurais (BARROS, 1999; VALLERO, 2007). Relativamente aos mecanismos de remoção, pode utilizar-se o *ozone scrubber* que promove a destruição do ozono a partir do dióxido de manganésio. No entanto, devem-se aplicar mecanismos de remoção aos poluentes precursores, tais como o NO<sub>x</sub> e os COVs, de modo a minorar os níveis de ozono troposférico (MAUZERALL *et al.*, 2005; VALLERO, 2007).





**Figura 2** - Ciclo simplificado do ozono troposférico (URL3)

Com o intuito de diminuir os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde pública e ecossistemas, desde há muito foram adotadas medidas legislativas, tanto ao nível comunitário como ao nível nacional.

## **2.2 Gestão da Qualidade do Ar**

Nas últimas décadas a melhoria da qualidade do ar foi um dos sucessos da política comunitária em relação ao ambiente. Contudo, e apesar das ações delineadas (monitorização e fiscalização da qualidade do ar, avaliação e implementação de medidas de controlo e comunicação de riscos), existem ainda problemas que permanecem e têm urgência em serem resolvidos. Verificou-se a introdução de objetivos de qualidade do ar que visam evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos sobre a saúde pública e sobre o ambiente de uma forma coerente e harmonizada (WHO, 2006; FIGUEIREDO, 2011).

### **2.2.1 Enquadramento Legal**

#### ❖ Ao nível Internacional

A Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) investigou e relatou, em 1970, os efeitos ambientais de todos os poluentes que pudessem ser prejudiciais à saúde humana ou ao ambiente de maneira a que fosse decretado o *Clean Air Act* (CAA).

A problemática do empobrecimento da camada de ozono conduziu à Convenção de Viena, realizada no dia 22 de Março de 1985. A Convenção de Viena para a Proteção da Camada de Ozono, aceite por 193 Estados e Organizações Regionais de Integração Económica, tem como principal objetivo proteger a saúde humana e o ambiente dos efeitos antropogénicos nocivos à camada de ozono. Portugal aderiu à Convenção de Viena a 17 de Outubro de 1988. De acordo com

as últimas avaliações sobre o empobrecimento da camada de ozono, o objetivo desta convenção foi largamente alcançado.

O Protocolo de Gotemburgo, de 30 de novembro de 1999, sobre a Convenção de 1979 relativamente à poluição atmosférica transfronteiriça a longa distância, promulga o decréscimo da acidificação, eutrofização e do ozono troposférico, estabelecendo Valores-Limite de emissão para quatro poluentes atmosféricos precursores que devem ser atingidos até 2010.

#### ❖ Ao nível Europeu

No que diz respeito à União Europeia (UE), a Comissão Europeia (CE) é responsável por estudar e propor regulamentação, através de Diretivas, para o controlo de poluentes na atmosfera dos Estados-Membro.

A Diretiva-Quadro n.º 96/62/CE, de 27 de setembro, referente à avaliação e gestão da qualidade do ar, de modo a avaliar a qualidade do ar nos Estados-Membros, exige manter a boa qualidade do ar ambiente, definir objetivos e elaborar planos e programas para evitar e/ou limitar os impactes negativos sobre o ambiente e a saúde pública e disponibilizar as informações respeitantes à qualidade do ar.

A Diretiva n.º 99/30/CE, de 22 de abril, que estabelece VL para o dióxido de enxofre, dióxido de azoto, óxidos de azoto, partículas em suspensão e chumbo no ar ambiente, com o intuito de determinar Valores-Limite para estes poluentes, bem como obter informações e avaliar sobre as concentrações dos mesmos e manter a qualidade do ar.

A Diretiva n.º 2000/69/CE, de 16 de novembro, referente aos Valores-Limite para o monóxido de carbono e o benzeno no ar, cujo objetivo se baseia na manutenção da qualidade do ar, determinação dos Valores-Limite para os poluentes mencionados e obtenção de informações e avaliação sobre as concentrações dos poluentes em questão.

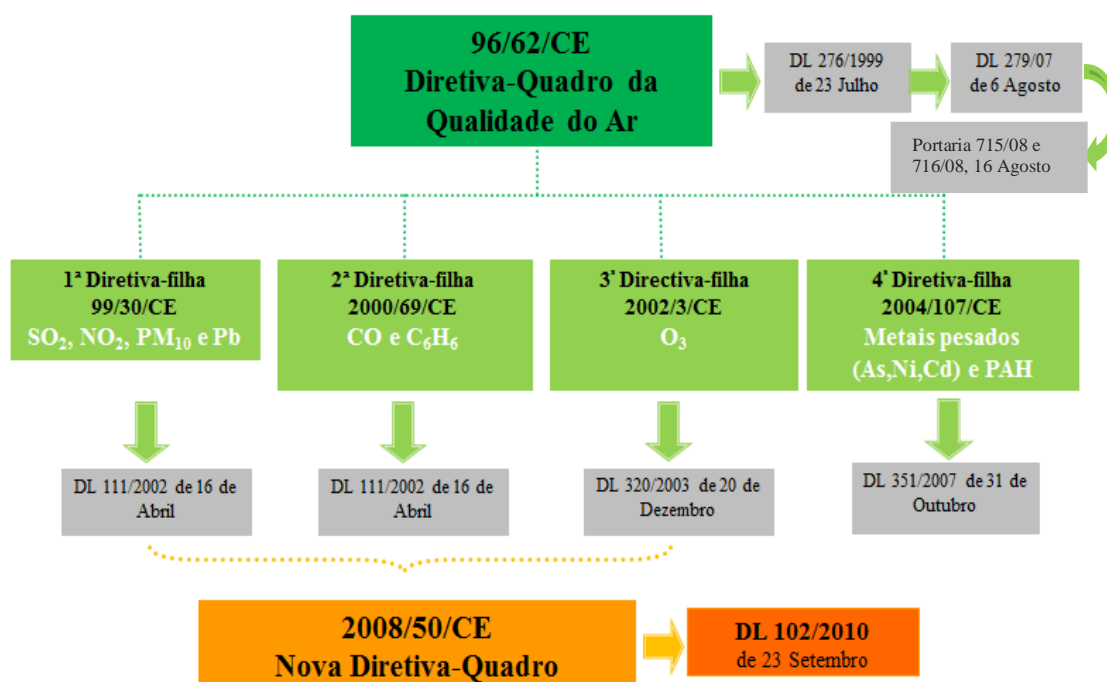
O programa *Clean Air For Europe* (CAFE), de 04 de maio de 2001, tem como intuito determinar uma estratégia de longo prazo, de modo a combater a poluição atmosférica e a proteger/preservar a saúde humana e o ambiente dos seus impactes.

Assim, as Diretivas-Filhas n.º 99/30/CE, de 22 de abril, n.º 2000/69/CE, de 16 de novembro, n.º 2002/03/CE, de 12 de fevereiro, bem como a diretiva n.º 96/62/CE, de 27 de setembro, estiveram na origem da nova Diretiva-Quadro n.º 2008/50/CE, de 21 de maio, respeitante à qualidade do ar. Este diploma retifica a legislação existente de maneira a integrar todos os progressos novos na área do ambiente, determinando também uma permuta de dados procedentes das redes/estações de monitorização entre os Estados-Membros.

❖ Ao nível Nacional

O Decreto-Lei n.º 78/2004, de 03 de abril, relativo à prevenção e controlo das emissões de poluentes atmosféricos e da avaliação e gestão da qualidade do ar, constituindo uma reestruturação dos diplomas atuais, no que diz respeito a emissões, e instaura uma nova regulamentação relativamente à proteção e controlo da poluição atmosférica. Com este decreto pretende-se prevenir e controlar as emissões dos poluentes para a atmosfera, estabelecendo objetivos e instrumentos adequados, tal como determinar medidas, comportamentos e responsabilidades, de maneira a assegurar a proteção do ar.

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, determina os objetivos da qualidade do ar considerando as diretrizes, as normas e a Organização Mundial de Saúde (OMS), cuja finalidade consiste na preservação da qualidade do ar ambiente, e transpõe para ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2008/50/CE, tal como se pode verificar na Figura 3. No entanto, quando os objetivos ficam aquém do pretendido são tomadas medidas, como a elaboração de planos de melhoria e respetivos programas de execução. Este decreto revoga os Decretos-Lei n.º 279/99, de 23 de julho, n.º 111/2002, de 16 de abril, n.º 320/2003, de 20 de dezembro, n.º 279/2007, de 06 de agosto e n.º 351/2007, de 23 de outubro, estabelecendo as linhas de orientação da política de gestão da qualidade do ar e determinando objetivos para a qualidade do ar ambiente a fim de evitar, prevenir ou limitar, na sua globalidade, os efeitos prejudiciais sobre a saúde humana e sobre o ambiente.



**Figura 3** - Esquema relativo à Legislação Comunitária e Nacional sobre a Qualidade do Ar

O referido diploma estabelece também como medidas, a avaliação da qualidade do ar com base em métodos e critérios comuns, a disponibilização ao público de informação apropriada acerca da mesma, e a preservação da qualidade do ar quando esta é boa, implementando planos de melhoria quando tal não se verifica.

O presente Decreto-Lei estabelece os Valores-Limite, margens de tolerância e os limiares de alerta para as concentrações de determinados poluentes no ar ambiente, métodos e critérios de avaliação das respetivas concentrações e normas sobre informação do público, com o objetivo de evitar, prevenir ou limitar os efeitos prejudiciais dessas substâncias para a saúde humana e para o ambiente, preservando e melhorando a qualidade do ar.

À semelhança do Decreto-Lei n.º 276/99, de 23 de julho (artigo 09º, n.º 03), o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro (artigo 33º, n.º 01), define que, nas situações de incumprimento dos Valores-Limite definidos para cada poluente, sejam elaborados e aplicados planos ou programas destinados a fazer cumprir num prazo razoável os referidos valores. De salientar que a elaboração e execução dos Planos de Melhoria apenas são obrigatórias quando se verifica que as excedências têm origem antropogénica (artigo 28º, n.º 02).

Assim, as Portarias n.º 715/08 e 716/08, de 16 de agosto, aprovam os Planos de Melhoria da Qualidade do Ar para a Região de Lisboa e Vale do Tejo e Região Norte, respetivamente, efetuados pelas respetivas CCDR (FERREIRA *et al.*, 2006; BORREGO *et al.*, 2006). Note-se que o Plano de Melhoria da Qualidade do Ar para a Região Centro e o respetivo Programa de Execução foram efetuados, no entanto ainda estão por aprovar. Todos estes Planos de Melhoria foram elaborados devido à excedência do poluente PM10, porém, também se tem verificado excedências do poluente ozono (O<sub>3</sub>), sendo provável que num futuro próximo sejam requeridos Planos de Melhoria e Programas de Execução para este poluente.

### **2.2.2 Instrumentos**

A gestão da qualidade do ar é assistida por instrumentos, no entanto as redes de monitorização da qualidade do ar e os inventários regionais destacam-se, uma vez que se complementam (FRANÇA, 2011).

#### **❖ Monitorização**

De acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, relativo ao regime de avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, foram definidas no território nacional as unidades de gestão da qualidade do ar, considerando alguns critérios:

- Zonas (a área geográfica de características homogéneas, em termos de qualidade do ar, ocupação de solo e densidade populacional delimitada para fins de avaliação e gestão da qualidade do ar);

- e Aglomerações (zonas caracterizadas 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 habitantes/km<sup>2</sup>). As zonas e aglomerações incorporam redes de monitorização da qualidade do ar, pertencendo estas à entidade responsável pela sua manutenção, as CCDR.

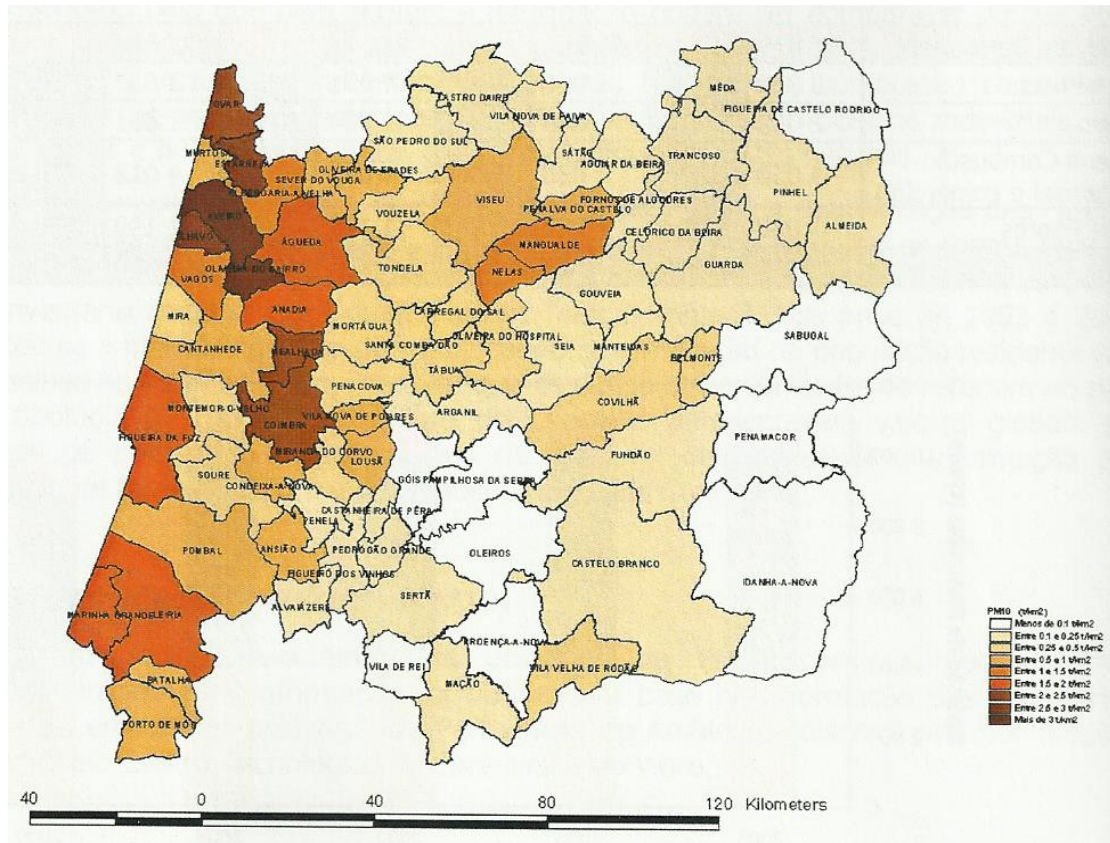
Existem vários tipos de estações de monitorização da qualidade do ar, tais como: Estações de Tráfego; Estações Urbanas de Fundo; Estações Rurais de Fundo; e Estações Industriais (URL1).

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA) desenvolveu a base de dados sobre qualidade do ar, designada QualAr, onde é possível consultar o sistema de monitorização de qualidade do ar em Portugal. Esta base de dados tem como objetivo concentrar a informação referente à qualidade do ar registada e notificar o público sobre essa mesma qualidade através do seu acesso à Internet. A monitorização da qualidade do ar na região Centro é referida no capítulo seguinte.

#### ❖ Inventários de Emissões

O Decreto-Lei n.º 78/2004, de 03 de abril, obriga as CCDR a elaborar um inventário regional de emissões, e a enviar os resultados do mesmo à APA. Neste âmbito, a CCDR-C desde 2004 elabora, anualmente, o inventário regional que se consubstancia num elemento essencial para a compreensão dos dados recolhidos nas estações de monitorização, permitindo avaliar as consequências da atividade humana na atmosfera.

Os inventários regionais evidenciam a forte assimetria da região Centro ao nível da distribuição industrial, verificando-se que as indústrias se situam preferencialmente no litoral. Na Figura 4 apresenta-se a distribuição das emissões de PM10 por unidade de área (kg/km<sup>2</sup>) na região Centro.



**Figura 4** - Distribuição espacial de emissões de PM10 na Região Centro em 2009 (kg/km<sup>2</sup>) (ALMEIDA *et al.*, 2010)

Tal como se pode verificar na Figura 4, a emissão assimétrica de PM10 está inteiramente correlacionada com o número e as dimensões das indústrias. Por outro lado é possível ver a existência de zonas críticas em termos de poluição por PM10, como os Concelhos de Ovar, Estarreja, Aveiro, Ílhavo, Coimbra e Mealhada que são os que apresentam maiores emissões por unidade de área e, ainda, algumas zonas menos críticas, mas com emissões consideráveis, tais como os Concelhos de Oliveira do Bairro, Águeda e Anadia (devido às Cerâmicas), Nelas, Mangualde, Figueira da Foz e Vila Velha de Ródão (devido às Papeleiras) e Marinha Grande e Leiria (devido às Vidreiras e Cimenteiras) (PÓVOAS, FERREIRA e ABRANTES, 2006; URL1).

### 3. Qualidade do Ar na Região Centro

Este capítulo apresenta a caracterização geográfica e socioeconómica da região Centro e a análise da qualidade do ar elaborada para esta região.

#### 3.1 Enquadramento Geográfico

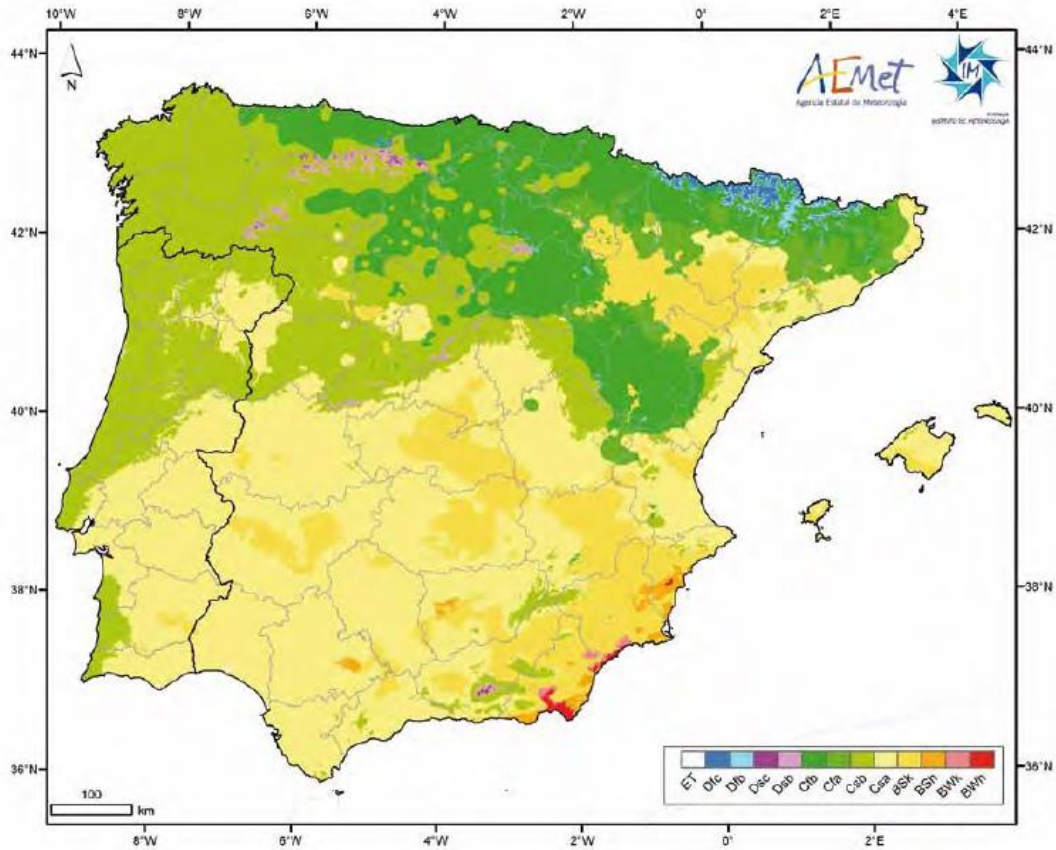
A região Centro corresponde a 26,6% do território nacional, com uma área de 23 700 km<sup>2</sup> incluindo 77 Concelhos. Confronta a Norte com a região Norte, a Oeste com o Oceano Atlântico, a Sudoeste com a região de Lisboa e Vale do Tejo, a Sudeste com a região do Alentejo e a Este com Espanha. Esta região integra 10 sub-regiões, sendo estas Baixo Vouga, Dão Lafões, Beira Interior Norte, Baixo Mondego, Serra da Estrela, Cova da Beira, Beira Interior Sul, Pinhal Litoral e Pinhal Interior Sul, *cf.* Figura 5 (ALMEIDA *et al.*, 2010; URL1).



**Figura 5** - Delimitação da NUT III na Região Centro (ALMEIDA *et al.*, 2010; URL1)

Estas sub-regiões contêm características muito distintas (morfoclimáticas, socioeconómicas, demográficas e de povoamento, entre outras), apresentando uma grande heterogeneidade relativamente ao nível do ordenamento do território e do ambiente. Na Figura 6 constata-se que

a região Centro se encontra dividida em duas zonas distintas de classificação climática, com a zona mais a litoral classificada como Cfa (clima temperado sem estação seca com Verão quente) e a zona interior como Csa (clima temperado com Verão seco e quente) (CHAZARRA, 2012).



**Figura 6** - Classificação climática de Köppen-Geiger na Península Ibérica (adaptado de *Atlas Climático Ibérico*, CHAZARRA *et al.*, 2012)

### 3.2 Caracterização Socioeconómica

Nos últimos anos, Portugal tem vindo a assistir a um forte crescimento das cidades do litoral e a uma desertificação do interior do país. A população começou a ver oportunidades de emprego nas zonas do litoral onde estão atualmente localizadas as grandes indústrias, e que por sua vez oferecem oportunidades de emprego e um maior crescimento económico para as famílias.

O aumento da população nas cidades leva à criação de infraestruturas de forma a garantir o bem-estar das pessoas, no entanto, a construção dessas infraestruturas afeta o conceito de sustentabilidade das cidades, levando a uma destruição da biodiversidade. A sobre-exploração dos recursos nas cidades do litoral leva a um aumento da poluição dos solos, aumento da produção dos resíduos e do consumo de água, traduzindo-se na sua degradação.



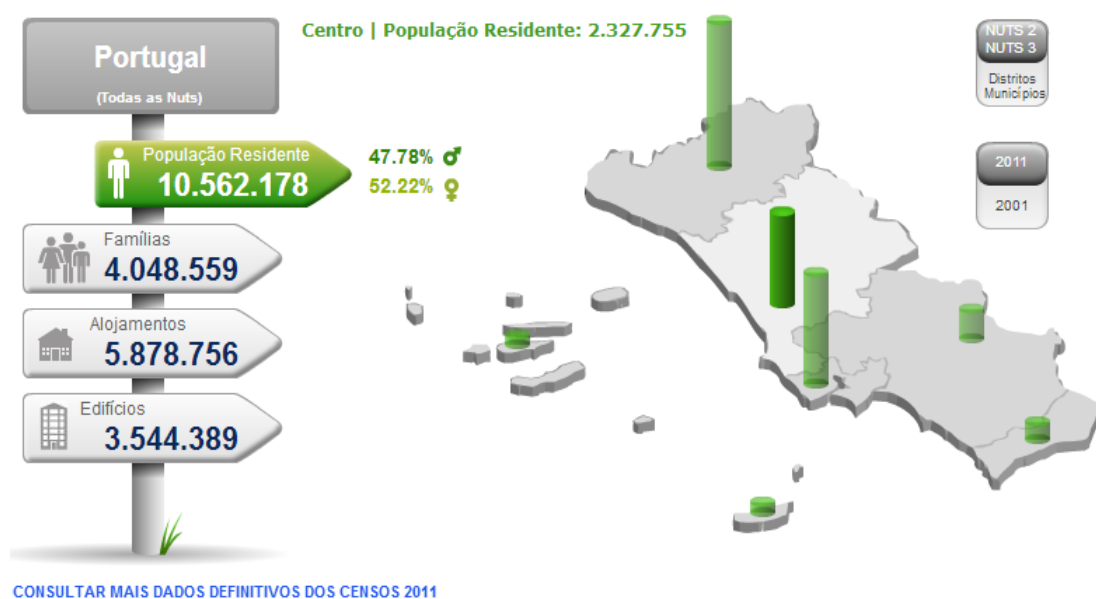
Segundo os dados do Censos 2011 do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2011, a região Centro possuía 2 327 755 de habitantes, correspondendo a 22,04% da população nacional, como se demonstra na Tabela 2.

Nos últimos 20 anos, os mecanismos de urbanização da região Centro traduziram-se numa concentração gradual da população no litoral, através de uma ocupação difusa, relacionada com a oferta de emprego (URL4).

**Tabela 2** - População residente e densidade populacional (URL4)

Região	População residente			Densidade populacional (hab/km <sup>2</sup> )		
	1991	2001	2011	1991	2001	2011
<b>Portugal</b>	9 965 315	10 329 340	10 561 614	107,2	112,3	114,5
<b>Centro</b>	1 724 477	1 771 380	2 327 580	71,3	74,7	82,5
<b>Aumento Total</b>	<b>17,30%</b>	<b>17,15%</b>	<b>22,04%</b>	<b>66,52%</b>	<b>66,52%</b>	<b>72,05%</b>

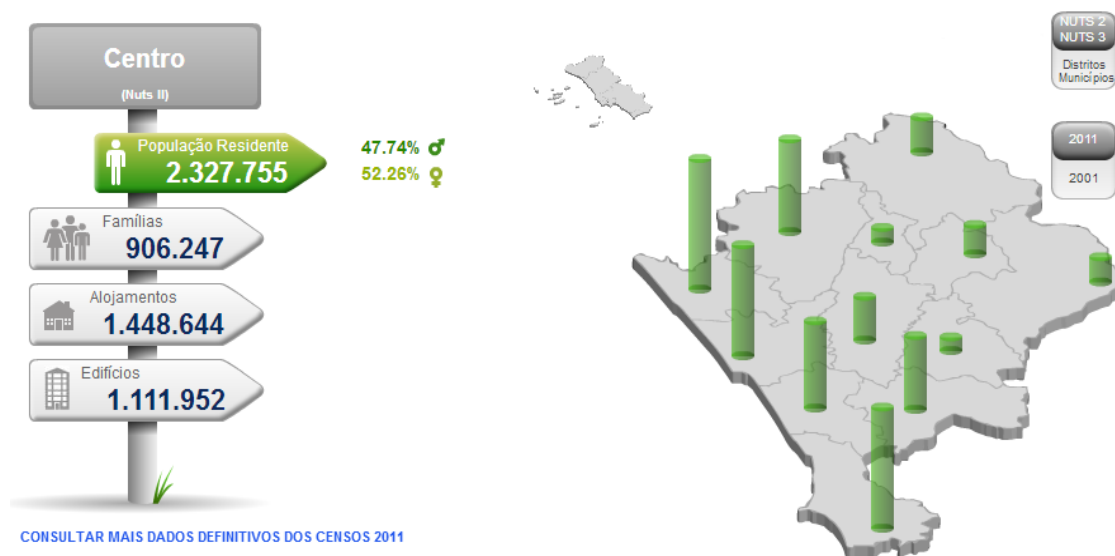
De acordo com a Figura 7 e a Tabela 2, é possível ver o aumento da população residente em Portugal, em relação a 2001.



**Figura 7** - Distribuição da população residente em Portugal em 2011 (URL4)

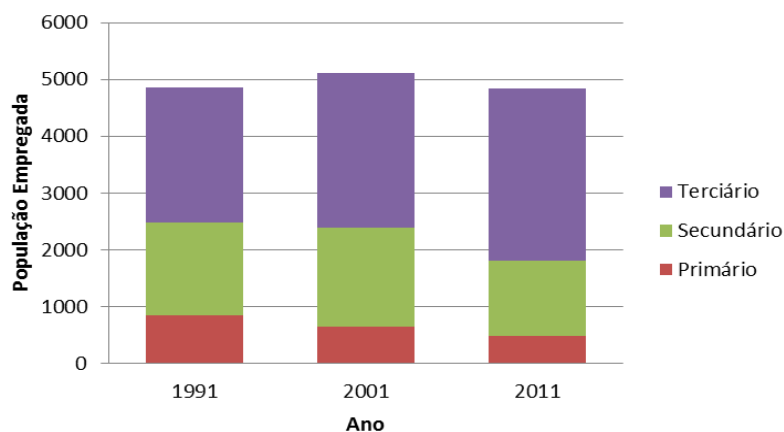
É de salientar o crescimento da população residente na região Centro de 2001 para 2011, cf. Figura 8 e Tabela 2, bem como do número de famílias, alojamentos e edifícios. Porém, no que diz respeito ao sexo da população, constata-se um decréscimo de população masculina e um aumento da população feminina nesta região em 2011.

A densidade populacional na região Centro, *cf.* Figura 8, revela um litoral relativamente dinâmico e um interior em processo de despovoamento (URL4).



**Figura 8** - Distribuição da população residente na Região Centro em 2011 (URL4)

Verifica-se o decréscimo de população empregada nos setores de atividade primário (agricultura) e secundário (atividades industriais transformadoras, produção de energia e construção) em 2011, sendo mais acentuada no setor primário. No entanto, constata-se um aumento de população empregada no setor terciário (serviços) em 2011 relativamente aos anos 1991 e 2001, como se pode verificar na Figura 9.



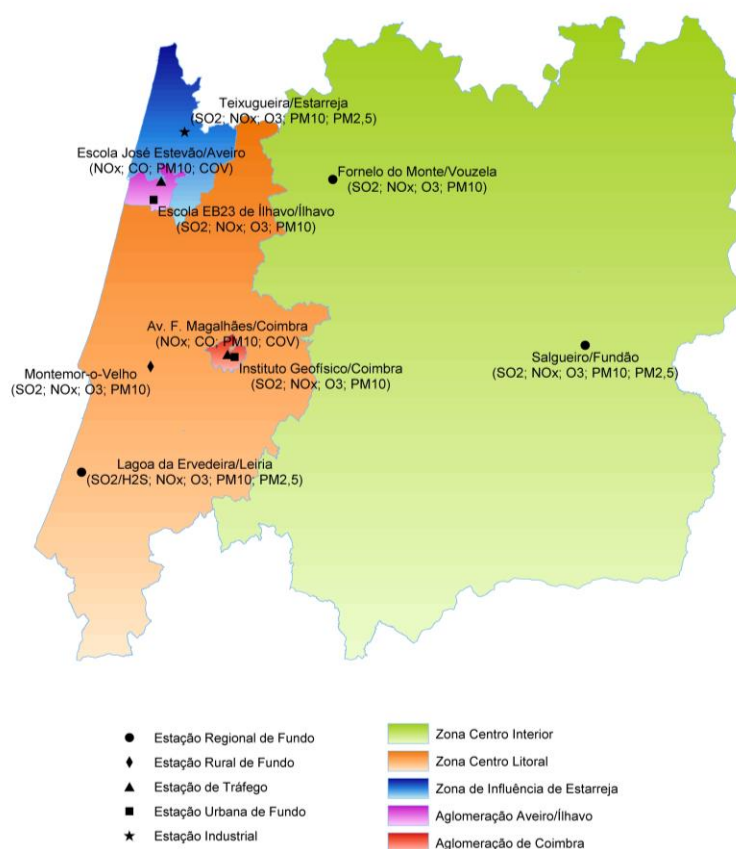
**Figura 9** - População empregada em Portugal por setor de atividade (URL5)

### 3.3 Monitorização da Qualidade do Ar

No âmbito da Diretiva-Quadro n.º 2008/50/CE, de 21 de maio, transposta pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, e com o intuito de avaliar a qualidade do ar a nível nacional,

definiram-se, na região Centro, três Zonas (Zonas Centro Interior, Centro Litoral e de Influência de Estarreja) e duas Aglomerações (Coimbra e Aveiro/Ílhavo). A divisão estabelecida assentou em dados da qualidade do ar, topografia, demografia, uso do solo, entre outros (LAMEIRAS, 2011; URL1).

A CCDR-C dispõe de uma rede de monitorização da qualidade do ar na sua área de jurisdição, constituída atualmente por nove estações, duas em cada zona ou aglomeração, sendo exceção a Zona de Influência de Estarreja, que possui apenas uma estação (LAMEIRAS, 2011; URL1). Na Figura 10 e nas Tabelas 3 e 4 é visível a delimitação das zonas e aglomerações da região Centro, as estações de monitorização nelas instaladas e os poluentes medidos.



**Figura 10** - Delimitação das Zonas e Aglomerações da Região Centro e respetivas estações de monitorização (LAMEIRAS, 2011; URL1)

Na região Centro existem duas Estações de Tráfego, uma em Coimbra (Avenida Fernão Magalhães) e outra em Aveiro (Escola Secundária de José Estêvão), caracterizadas por sofrerem forte influência de tráfego. Nas Aglomerações de Coimbra e Aveiro existem também duas Estações Urbanas de Fundo, no Instituto Geofísico e em Ílhavo respetivamente, assim designadas por serem representativas da qualidade do ar média das zonas urbanas (sem influência direta de quaisquer fontes de emissão). As quatro Estações Rurais de Fundo, situadas

em Fundão/Salgueiro, em Vouzela/Fornelo do Monte, em Leiria/Lagoa da Ervedeira e Montemor-o-Velho, são caracterizadas por serem representativas de vastas áreas, dado que se encontram a distâncias consideráveis de todas as fontes de emissão, possuindo no entanto as mesmas características. A única Estação Industrial, caracterizada por sofrer fortes influências das emissões industriais, situa-se na Zona de Influência de Estarreja (LAMEIRAS, 2011; URL1).

**Tabela 3** - Características das Estações de Monitorização da Qualidade do Ar na Região Centro (URL1)

Zona	Estação	Tipo de influência	Tipo de Ambiente	Início de Operação	Poluentes Medidos
Aglomeração de Coimbra	Avenida Fernão Magalhães	Tráfego	Urbana	08-07-2008 / 05-12-2008	NO <sub>x</sub> , PM10, CO / C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	Instituto Geofísico	Fundo	Urbana	01-01-2003 / 23-01-2003	NO <sub>x</sub> , CO, C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> / O <sub>3</sub> , PM10
Aglomeração de Aveiro	Aveiro (Escola Secundária de José Estêvão)	Tráfego	Urbana	15-01-2003 / 11-02-2003 / 07-11-2005	NO <sub>x</sub> , CO / PM10 / C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	Ílhavo	Fundo	Suburbana	27-03-2003	NO <sub>x</sub> , PM10, O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub>
Zona Centro Interior	Fundão/Salgueiro	Fundo	Rural	01-08-2003 / Junho-2003 / 14-05-2004	NO <sub>x</sub> / SO <sub>2</sub> , PM10, O <sub>3</sub> / PM <sub>2,5</sub>
	Vouzela/Fornelo do Monte	Fundo	Rural	04-11-2005	SO <sub>2</sub> , PM10, O <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub>
Zona Centro Litoral	Leiria/ Ervedeira	Fundo	Rural	01-01-2003 / 24-05-2004	SO <sub>2</sub> , PM10, NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> / PM <sub>2,5</sub>
	Montemor-o-Velho	Fundo	Rural	06-09-2007 / 24-10-2007	SO <sub>2</sub> , PM10, NO <sub>x</sub> / O <sub>3</sub>
Zona de Influência de Estarreja	Estarreja/Teixugueira	Industrial	Suburbana	01-05-1990 / 05-02-1997 / 22-02-2002	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> / O <sub>3</sub> / PM10, PM <sub>2,5</sub>

**Tabela 4** – Poluentes avaliados nas Estações de Monitorização da Qualidade do Ar na Região Centro (URL6)

Estação	Início de Operação	Poluentes	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Avenida Fernão Magalhães	08-07-2008	NO <sub>x</sub>	-	-	-	-	-	X	√	√	√	
		PM10	-	-	-	-	-	X	X	√	√	
		CO	-	-	-	-	-	√	√	√	√	
	05-12-2008	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	-	-	-	-	√	√	√	√	
Instituto Geofísico	01-01-2003	NO <sub>x</sub>	√	√	√	X	√	√	√	X	√	
		CO	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
		C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	23-01-2003	O <sub>3</sub>	√	√	√	X	√	√	√	√	√	
		PM10	√	X	√	X	√	X	√	√	√	
Escola Secundária de José Estêvão	15-01-2003	NO <sub>x</sub>	√	√	√	√	√	√	√	X	√	
		PM10	X	X	√	X	√	√	√	X	√	
	11-02-2003	CO	√	√	√	√	√	√	√	X	√	
	07-11-2005	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	-	-	√	√	√	√	√	X	√	
Ílhavo	27-03-2003	NO <sub>x</sub>	X	√	√	√	√	√	√	X	√	
		PM10	X	X	X	√	√	√	√	√	√	
		O <sub>3</sub>	X	√	X	√	√	√	√	√	√	
		SO <sub>2</sub>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
Salgueiro/Fundão	01-08-2003	NO <sub>x</sub>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	junho-2003	SO <sub>2</sub>	X	X	√	√	√	√	√	X	√	
		PM10	X	X	√	√	√	√	√	√	√	
		O <sub>3</sub>	X	√	√	√	√	√	√	√	√	
	14-05-2004	PM <sub>2,5</sub>	-	√	√	√	√	√	√	√		
Fornelo do Monte/Vouzela	04-11-2005	SO <sub>2</sub>	-	-	√	√	√	√	√	√	√	
		PM10	-	-	X	√	√	√	√	√	√	
		NO <sub>x</sub>	-	-	X	√	√	√	X	√	√	
		O <sub>3</sub>	-	-	X	√	√	X	√	√	√	
Lagoa da Ervedeira	01-01-2003	SO <sub>2</sub>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
		PM10	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
		NO <sub>x</sub>	X	X	√	√	√	√	√	√	√	
		O <sub>3</sub>	X	√	√	√	√	√	√	√	√	
	24-05-2004	PM <sub>2,5</sub>	-	√	√	√	√	√	√	√	√	
Montemor-o-Velho	06-09-2007	SO <sub>2</sub>	-	-	-	-	√	√	√	√	√	
		PM10	-	-	-	-	X	√	√	√	√	
		NO <sub>x</sub>	-	-	-	-	X	√	X	√	X	
	24-10-2007	O <sub>3</sub>	-	-	-	-	X	√	√	√	√	
Estarreja	01-05-1990	NO <sub>x</sub>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
		SO <sub>2</sub>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	05-02-1997	O <sub>3</sub>	X	√	√	√	√	X	X	√	√	
	22-02-2002	PM10	√	√	√	√	√	√	√	√	X	√
		PM <sub>2,5</sub>	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√

**Legenda:** √\_Medição com eficiência

X\_Medição sem eficiência

-\_Não Medido

Em relação à avaliação da qualidade dos dados recolhidos em medições fixas (estações de monitorização), e tendo em consideração a perda de dados durante a manutenção e calibração

das estações, foi estabelecida uma taxa de eficiência mínima de recolha de dados legalmente estabelecida (85%) pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro (URL1).

A região Centro tem apresentado problemas em termos da Qualidade do Ar apenas para o poluente PM10. No entanto, registaram-se alguns casos de excedência do poluente O<sub>3</sub>, mas devido à alteração da legislação relativa a este poluente em 2010, só após um período de 3 anos onde se tenham verificado 25 excedências anuais é que se torna obrigatório a realização de um Plano de Melhoria para o referido poluente, o que ainda não se verifica.

Na medida em que o Plano de Melhoria em análise teve por base situações de excedência ocorridas antes da entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, apresentam-se, na Tabela 5, os Valores-Limite (VL) e Margem de Tolerância (MT) para a Proteção da Saúde Humana relativamente às partículas em suspensão (PM10), atualmente em vigor, face ao Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro.

**Tabela 5** - Valores Limite e Margem de Tolerância para a Proteção da Saúde Humana relativo ao poluente PM10, segundo o Decreto-Lei n.º 111/2002, de 16 de abril, e o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro

Tipo		Período de Referência	Valor Limite (µg/m <sup>3</sup> )	Margem de Tolerância	N.º de excedências permitidas	Data limite para a observância do VL
VL para a Proteção da Saúde Humana	DL 111/2002	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup>	15 µg/m <sup>3</sup>	35 excedências por ano	01 de janeiro de 2005
		Ano Civil	40 µg/m <sup>3</sup>	5 µg/m <sup>3</sup>	-	01 de janeiro de 2005
	DL 102/2010	24 horas	50 µg/m <sup>3</sup>	50%	35 excedências por ano	( <sup>1</sup> )
		Ano Civil	40 µg/m <sup>3</sup>	20%	-	( <sup>1</sup> )

(<sup>1</sup>) Em vigor desde 01 de Janeiro de 2005

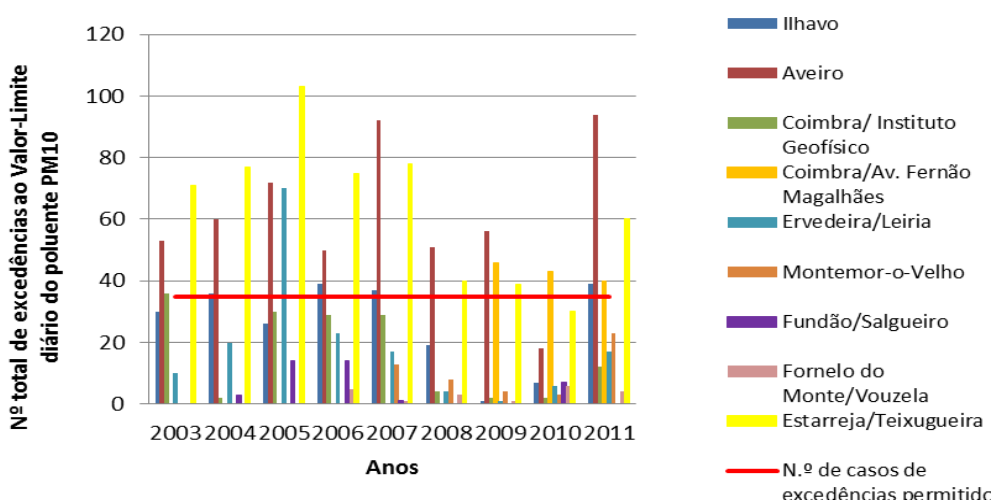
De salientar que o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, não estabeleceu os VL para uma segunda fase, a cumprir em 2010, inicialmente previstos no Decreto-Lei n.º 111/2002, de 16 de abril, presumivelmente porque a evolução das concentrações de PM10 nos vários Estados-Membro da União Europeia demonstrou não ser possível o cumprimento de um Valor-Limite de 50% do inicial.

Os níveis de ozono no ar ambiente são avaliados através dos limites estabelecidos pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro. De modo avaliar os efeitos deste poluente sobre a saúde humana estabeleceram-se parâmetros que possibilitam estimar os efeitos agudos e crónicos resultantes da exposição prolongada a elevados níveis do referido poluente (Tabela 6).

**Tabela 6** - Valores-Alvo, Limiares de Informação e Alerta, Objetivo a Longo-Prazo e Valores Limite Aplicáveis para o poluente ozono (O<sub>3</sub>), segundo o Decreto-Lei n.º 102/2010

Tipo		Período de Referência	Valor Limite Aplicável (µg/m <sup>3</sup> )
Valor-Alvo para a Proteção	Humana	Máximo diário das Médias Octo-horárias, sem exceder mais de 25 dias por ano civil, num período de 3 anos	120 µg/m <sup>3</sup>
	Vegetação	AOT40 - Calculado com base nos valores horários de Maio a Julho (num período de 5 anos)	18000 µg/m <sup>3</sup> .h
Limiar de Informação		1 hora	180 µg/m <sup>3</sup>
Limiar de Alerta			240 µg/m <sup>3</sup>
Objetivo a Longo-Prazo para a Proteção	Saúde Humana	Máximo diário das Médias Octo-horárias num Ano Civil	120 µg/m <sup>3</sup>
	Vegetação	AOT40 - Calculado com base nos valores horários de Maio a Julho	6000 m <sup>3</sup> .h

Na Figura 11 apresentam-se, para os anos de 2003 a 2011, as excedências de PM10 ao Valor-Limite, com base nas médias diárias (ALMEIDA *et al.*, 2010; PÓVOAS e CLARA, 2012).

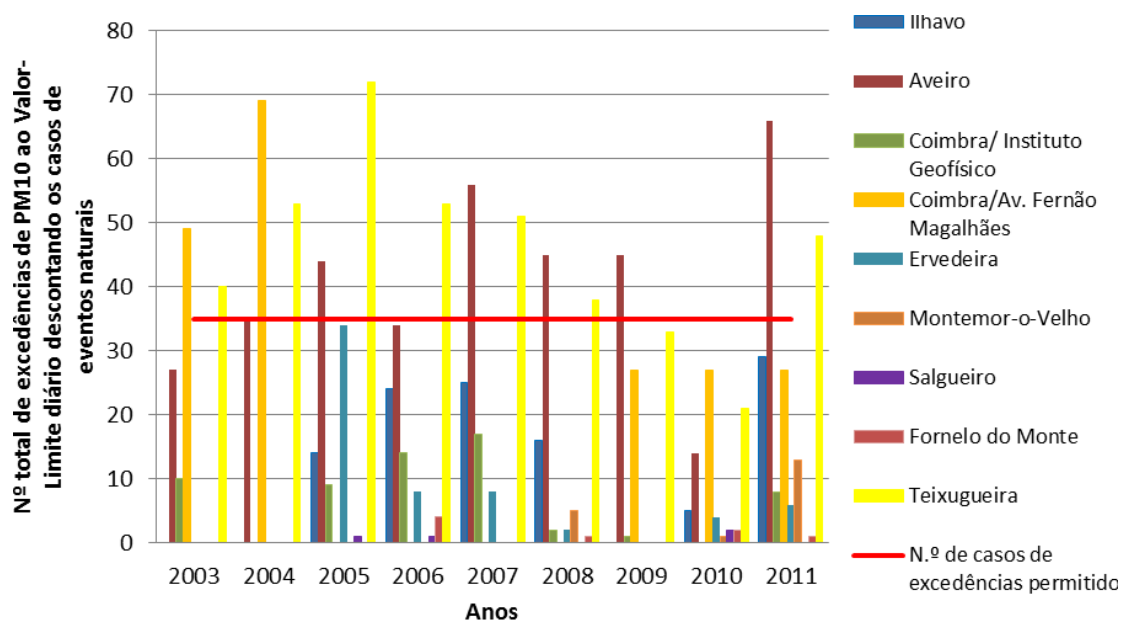


**Figura 11** - Número total de excedências ao Valor-Limite diário do poluente PM10 nas estações da região Centro

Da análise da Figura 11, constata-se que a Estação de Aveiro apresenta excedências ao Valor-Limite, baseado nas médias diárias, em praticamente todos os anos do período em estudo, exceto em 2010. Porém, nesta estação em 2010, a taxa de eficiência de recolha de dados foi inferior a 85%, valor mínimo legalmente estabelecido, pelo que o número de excedências diárias não pode ser considerado válido. Na Zona de Influência de Estarreja (Teixugueira) são registadas excedências no período de 2003 a 2009. De notar que em 2011 foi ultrapassado o

Valor-Limite baseado na média diária nas estações de Aveiro, Estarreja/Teixugueira, Coimbra (Avenida Fernão Magalhães) e Ílhavo. Através da análise dos totais de casos de excedências permitidos, sem descontar os eventos naturais, verifica-se que em 2008 houve um decréscimo acentuado, no entanto, em 2009 voltou a aumentar, tendo diminuído pouco em 2010 e sofrido um elevado acréscimo em 2011.

Com o intuito de analisar os casos de excedências de origem antropogénica, relevantes para o Plano de Melhoria, na Figura 12 apresentam-se, para os anos de 2003 a 2011, as excedências de PM10 deduzindo a contribuição de determinados eventos naturais (transporte de partículas das regiões secas do Norte de África e incêndios) para a avaliação do cumprimento dos VL, tal como a legislação permite (URL1).



**Figura 12** - Número total de excedências ao Valor-Limite diário descontando os eventos naturais do poluente PM10

Constata-se na Figura 12 que a Estação de Aveiro e a Zona de Influência de Estarreja (Teixugueira) continuam a apresentar excedências ao Valor-Limite, mesmo após se descontar os eventos naturais, em praticamente todos os anos do período em estudo. Note-se que na análise dos totais de casos de excedências permitidos descontado os eventos naturais, verifica-se que em 2008 houve um elevado decréscimo que se manteve até 2010, contudo, em 2011 sofreu um acréscimo acentuado.

Da análise das Figuras 11 e 12 verifica-se que a Aglomeração de Aveiro/Ílhavo e a Zona de Influência de Estarreja continuam a apresentar excedências ao Valor-Limite das médias diárias, mesmo quando é efetuado o desconto da influência dos eventos naturais. Por esta razão, e de



acordo com o Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, é necessário elaborar um Plano de Melhoria da Qualidade do Ar e respetivo Programa de Execução para reduzir as concentrações de PM10 na área em análise.

Na Figura 13 apresentam-se as médias anuais de PM10 registadas nas estações de monitorização, para os anos de 2003 a 2011 (ALMEIDA *et al.*, 2010; PÓVOAS e CLARA, 2012).

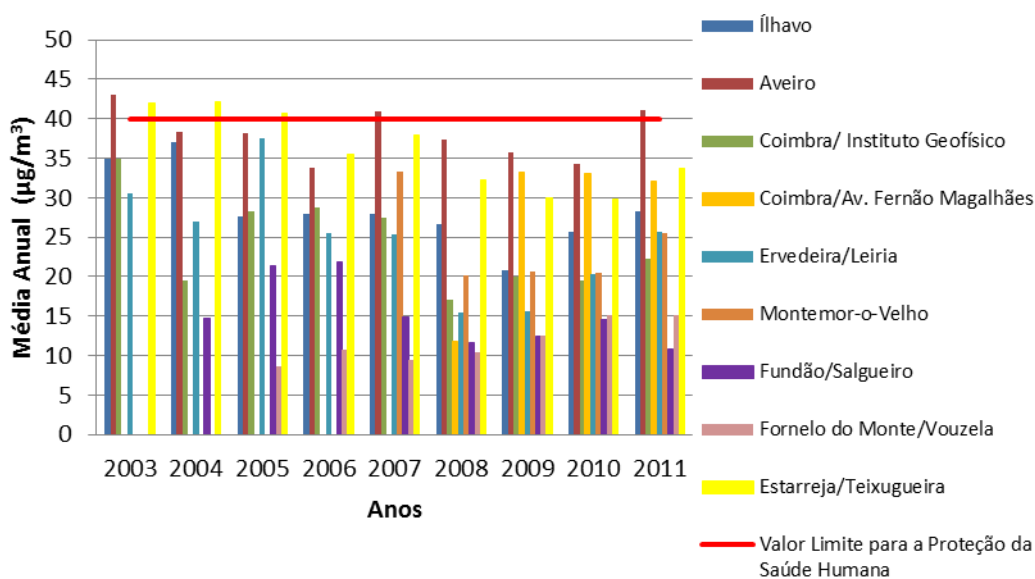


Figura 13 - Médias anuais do poluente PM10

Da análise da Figura 13, verifica-se que a estação de Aveiro é a que apresenta médias anuais mais elevadas desde 2006. A subida generalizada das médias anuais registada de 2008 até 2011 contraria a tendência de redução esperada no Plano de Melhoria que, como adiante se verá, previa uma redução no período de 2009 a 2012. Apenas a estação de Aveiro, cujos dados de 2011 não podem ser tidos como válidos, devido ao facto de a taxa de eficiência de recolha de dados ter sido inferior a 85%, valor mínimo legalmente estabelecido, apresenta em 2010 uma média anual igual à de 2009, contrariando a tendência de decréscimo da média anual dos anos anteriores.

De seguida, analisaram-se as eficiências registadas bem como o número de casos de excedência ocorridos, para cada estação de monitorização da qualidade do ar na região Centro e para o período de estudo (2003-2011), no que diz respeito aos poluentes PM10 e O<sub>3</sub> (Tabela 7).

**Tabela 7** - Tabela-Resumo das eficiências e excedências ao VL diário de PM10 e ao Valor-Alvo para a Proteção Humana para o O<sub>3</sub> registadas nas diversas estações de monitorização da Região Centro no período de 2003 a 2011 (URL6)

Estação	Poluente	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
Aveiro	PM10	Eficiência	78,4%	80,9%	96,2%	84,9%	100,0%	99,7%	99,7%	50,7%	94,8%
		Excedências	53	60	72	50	92	51	56	18	94
	O <sub>3</sub>	Eficiência	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		Excedências	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ílhavo	PM10	Eficiência	76,7%	56,0%	79,2%	96,7%	85,5%	85,0%	94,5%	84,4%	91,5%
		Excedências	30	36	26	39	37	19	1	7	39
	O <sub>3</sub>	Eficiência	76,6%	99,7%	81,8%	99,9%	100,0%	100,0%	99,5%	99,2%	99,9%
		Excedências	26	22	27	29	27	10	16	21	13
Coimbra/ Av. Fernão Magalhães	PM10	Eficiência	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	32,5%	81,4%	99,5%	98,9%
		Excedências	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	46	43	40
	O <sub>3</sub>	Eficiência	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
		Excedências	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Coimbra/ Instituto Geofísico	PM10	Eficiência	93,7%	78,7%	97,3%	79,2%	94,5%	83,3%	90,7%	95,9%	98,6%
		Excedências	36	2	30	29	29	4	2	2	12
	O <sub>3</sub>	Eficiência	93,8%	99,5%	98,3%	83,6%	99,8%	99,7%	99,8%	99,1%	93,6%
		Excedências	27	19	29	15	3	3	21	17	0
Estarreja/ Teixugueira	PM10	Eficiência	93,2%	85,8%	99,5%	98,6%	94,8%	90,7%	95,6%	80,0%	98,4%
		Excedências	71	77	103	75	78	40	39	30	60
	O <sub>3</sub>	Eficiência	78,0%	90,0%	99,8%	98,5%	90,4%	84,0%	80,3%	93,2%	99,8%
		Excedências	16	27	41	27	24	7	8	32	4
Fundão/ Salgueiro	PM10	Eficiência	51,0%	81,4%	98,4%	97,3%	97,5%	95,6%	90,7%	98,4%	98,1%
		Excedências	2	3	14	14	1	0	0	7	0
	O <sub>3</sub>	Eficiência	55,9%	90,1%	98,9%	98,9%	98,3%	97,1%	98,7%	95,8%	98,6%
		Excedências	40	26	50	52	15	19	30	31	14
Leiria/ Ervedeira	PM10	Eficiência	49,9%	77,1%	96,4%	92,6%	91,0%	97,0%	91,0%	92,1%	97,5%
		Excedências	10	20	70	23	17	4	1	6	17
	O <sub>3</sub>	Eficiência	14,7%	98,2%	99,9%	99,5%	99,9%	99,8%	96,7%	98,9%	99,4%
		Excedências	6	18	30	30	17	8	20	29	0
Montemor- o-Velho	PM10	Eficiência	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	31,2%	98,1%	91,8%	95,9%	98,6%
		Excedências	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	13	8	4	3	23
	O <sub>3</sub>	Eficiência	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18,7%	98,8%	93,7%	99,4%	99,9%
		Excedências	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0	17	24	25	52
Vouzela/ Fornelo do Monte	PM10	Eficiência	n.d.	n.d.	25,8%	95,6%	94,5%	97,5%	94,0%	95,9%	92,6%
		Excedências	n.d.	n.d.	0	5	1	3	1	6	4
	O <sub>3</sub>	Eficiência	n.d.	n.d.	4,3%	96,4%	97,3%	84,0%	95,0%	97,2%	94,0%
		Excedências	n.d.	n.d.	5	63	51	24	47	65	2

Legenda: n.d. - Não existem dados registados

N.º - número de excedências superior ao máximo permitido pela legislação (PM10=35 e O<sub>3</sub>=120 µg.m<sup>-3</sup>)

N.º - dados não são considerados válidos devido à eficiência ser inferior a 85,0%

É de salientar que as nove estações de monitorização da qualidade do ar possuem sensores para a componente de avaliação meteorológica. Porém, e por falta de meios financeiros, não tiveram manutenção desde que foram instaladas, encontrando-se praticamente todos indisponíveis. Os que ainda funcionam não apresentam dados que possam ser considerados fiáveis.

Todavia, existem 93 estações meteorológicas automáticas (EMA) em funcionamento em Portugal desde Junho de 2002, em que 78 se encontram no Continente, nove no arquipélago dos Açores e seis situam-se no arquipélago da Madeira. Estas medem os elementos meteorológicos principais e enviam mensagens de hora a hora para a sede do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), onde posteriormente são difundidas internacionalmente (URL7).

Relativamente perto das estações de monitorização da região Centro existem quatro estações meteorológicas sinópticas, vinte EMA e uma Rede Urbana de Estações Meteorológicas Automáticas (RUEMA), onde são registados dados atuais e previsões locais, como se pode constatar na Tabela 8 (URL7).

**Tabela 8 - Estações Meteorológicas Automáticas (EMA/RUEMA) e Sinópticas (URL7)**

Nome	Tipo	Distrito	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Início
Coimbra - Observatório	Sinóptica	Coimbra	40° 9'	8° 28'	170	01-04-1995
Viseu - C.C.	Sinóptica	Viseu	40°42'	7° 53'	636	01-04-1991
Penhas Douradas - Observatório	Sinóptica	Guarda	40° 24'	7° 33'	1380	01-01-1931
Castelo Branco - C.C.	Sinóptica	Castelo Branco	39°50'	7° 28'	386	01-05-1985
Viseu - C.C.	EMA I	Viseu	40°42'	7° 53'	636	01-01-1996
Penhas Douradas - Observatório	EMA I	Guarda	40° 24'	7° 33'	1380	01-01-1996
Castelo Branco - C.C.	EMA I	Castelo Branco	39°50'	7° 28'	386	01-01-1996
Caramulo	EMA	Viseu	40° 34'	8° 01'	810	01-07-2009
Moimenta da Beira	EMA II	Viseu	40° 59'	7° 36'	715	07-12-2001
Trancoso - Bandarra	EMA II	Guarda	40° 47'	7° 22'	850	01-04-2000
Arouca	EMA II	Aveiro	40° 56'	8° 15'	340	12-12-2001
Figueira Castelo Rodrigo - V. Torpim	EMA II	Guarda	40° 45'	6° 53'	635	15-06-1999
Guarda	EMA II	Guarda	40° 32'	7° 16'	1020	01-02-2000
Nelas	EMA II	Viseu	40° 31'	7° 51'	425	01-04-1999
Pampilhosa da Serra	EMA II	Coimbra	40° 8'	7° 55'	890	06-12-2002
Covilhã- Aeródromo	EMA II	Castelo Branco	40° 15'	7° 28'	482	05-05-1999
Lousã - Aeródromo	EMA II	Coimbra	40° 8'	8° 14'	195	01-04-1999
Universidade de Aveiro	EMA II	Aveiro	40° 38'	8° 39'	5	01-04-1999
Anadia - Estação Vitivinícola da Bairrada	EMA II	Aveiro	40° 26'	8° 26'	45	01-04-2000
Figueira da Foz - Vila Verde	EMA II	Coimbra	40° 8'	8° 48'	54	22-10-1999
Ansião - Depósito de Água da Ameixeira	EMA II	Coimbra	39° 59'	8° 24'	405	15-10-1999
Sabugal - Martim Rei	EMA II	Guarda	40° 15'	7° 2'	858	18-06-1999
Zebreira	EMA II	Castelo Branco	39° 52'	7° 2'	375	07-07-1999
Proença-a-Nova - Pista Moitas	EMA II	Castelo Branco	39° 43'	7° 52'	379	01-04-1999
Hospital Universitário de Coimbra	RUEMA	Coimbra	40° 13'	8° 24'	91	01-01-2002

### **3.4 Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro**

Nas situações de incumprimento dos Valores-Limite (VL) estabelecidos para os poluentes são elaborados e aplicados planos ou programas com o intuito de fazer cumprir os VL num prazo razoável. No entanto, é obrigatório elaborar e executar os Planos de Melhoria apenas quando as excedências são de origem antropogénica.

O Plano de Melhoria elaborado para a região Centro assentou essencialmente nas políticas e medidas já existentes e de âmbito nacional, nomeadamente no Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) e no Plano Nacional de Ação de Eficiência Energética (PNAEE), entre outras (ALMEIDA *et al.*, 2010). Prevê-se que as medidas decorrentes do PNAC e do PNAEE causem um impacto positivo na redução das PM10 a nível nacional e, em particular, na região Centro abrangida pela CCDR-C (77 Concelhos). Relativamente ao PNAEE, o Plano de Melhoria apenas considerou a medida do Sector Residencial e de Serviços, relativa à instalação de Calor Verde, uma vez que da implementação das restantes não resultam reduções das emissões de PM10 (vide Anexo I). Assim, o uso de indicadores do PNAC, PNAEE, entre outros, garante uma consistência com as políticas e medidas em vigor noutras, garantindo a simplicidade na previsão dos respetivos impactes nas emissões de PM10 e consequentemente na qualidade do ar.

No entanto, o Plano de Melhoria não possuía uma descrição mínima dos pressupostos que lhe serviram de base, nem tão pouco qualquer explicitação das metodologias de previsão de eficácia das medidas consideradas, e nem todas as medidas foram aplicadas. De seguida, apresentam-se alguns pontos que dificultaram a análise das medidas.

- Alguns indicadores constantes de CumprirQuioto.pt e do PNAEE não são diretos nem objetivos, sendo por vezes impossível a compreensão das suas definições e o modo como se relacionam com os objetivos que se pretendem alcançar. Noutros casos, as metas definidas são contraditórias. A título de exemplo desta última situação, para o Programa Renove Casa & Escritório do PNAEE, para a medida R&S4M7 (Instalação de Calor Verde), na Tabela 10 do PNAEE encontra-se definida uma meta de 7500 fogos a atingir em 2010 e, numa Tabela do anexo, é referida já uma meta de 50 000 fogos a cumprir no mesmo ano;
- Nenhuma das estimativas de redução contempladas no Plano de Melhoria se encontra fundamentada por uma metodologia de abordagem, sendo apenas indicados, de uma forma vaga, alguns pressupostos de base (confrontar com Tabela 1-A do Anexo I, por exemplo a medida MR e3 – eficiência energética nos edifícios);

- Algumas medidas ainda não foram e outras não vão ser implementadas (como o Metro Mondego que não vai ser construído – medida MR t5) não sendo possível quantificar as suas emissões;
- Algumas metas propostas já se encontravam no limiar de execução no primeiro ano de aplicação do Plano de Melhoria, isto é, já tinham sido praticamente ultrapassadas, como o caso da medida MA e1 (melhoria da eficiência energética do setor electroprodutor), cuja meta para os anos de 2008 a 2012 é a redução de 8,6% nas taxas de perdas no transporte e distribuição de energia emitida na rede e o obtido para o ano de 2008 foi uma redução de 8,34% e para 2010 foi de 8,36% (confrontar com CUMPRIRQUIOTO.PT – URL8);

### **3.4.1 Cenários do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro**

O Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro permitiu identificar as principais fontes de material particulado, nomeadamente associadas a causas naturais e antropogénicas (ALMEIDA *et al.*, 2010).

As excedências aos VL registadas nas Zonas/Aglomerações resultam da emissão de PM10 para a atmosfera pelas várias fontes antropogénicas, tais como indústrias, tráfego e fontes de combustão doméstica (especialmente relevantes durante o período de Inverno) (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Atendendo a que as medidas consideradas, previstas ou em curso, resultam da execução de planos nacionais, não foi efetuada a avaliação custo-eficácia, dado que a sua implementação já não depende de qualquer tipo de análise (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Pode concluir-se que, para a maioria das medidas presentes no Plano de Melhoria, não é possível quantificar os seus resultados relativamente à emissão de PM10 (como é o caso das relacionadas com o setor de oferta e procura de energia) e, devido ao facto das medidas serem baseadas nos Planos Nacionais (PNAC, PNAEE, entre outros), refletiram irrealismo, inconsistência e excesso de otimismo das previsões (PÓVOAS e CLARA, 2012).

Com base nos dados do acompanhamento do PNAC e do Protocolo de Quioto, foi estimado que as medidas existentes poderão levar a uma redução da quantidade total de PM10 emitidas na região Centro entre 6,5% (cenário conservador) e 9,5% (cenário otimista) para 2011/2012 face a 2009, ou seja, uma redução de cerca de 641 a 936 toneladas anuais entre 2009 e 2012 (Tabela 9) (ALMEIDA *et al.*, 2010).

**Tabela 9** - Emissões de PM10 da situação de referência e previstas para 2012 (t) (ALMEIDA *et al.*, 2010)

Tipo de Emissões	Situação de referência (2009)	Cenário de base (2012)	
		Conservador	Otimista
Fontes Fixas	2 823	2 471	2 287
Tráfego	1 877	1 786	1 755
Pequena Combustão (residencial e comercial)	4 002	3 882	3 852
Outras Fontes	1 138	1 060	1 010
<b>TOTAL</b>	<b>9 840</b>	<b>9 199</b>	<b>8 904</b>

Em termos de evolução temporal, nota-se que as emissões totais de PM10 na região Centro aumentaram até 2007, verificando-se posteriormente uma diminuição progressiva dessas emissões, sendo esta mais acentuada no ano 2009, tal como se pode concluir pela Figura 14.



**Figura 14** - Evolução das emissões de PM10 previstas com o cenário conservador (URL1)

No que respeita às principais origens das emissões de PM10, constata-se que as emissões do sector de pequena combustão residencial (esta com efeitos agravados por se registar no período do Inverno) e comercial são as que mais contribuem, seguindo-se as emissões de PM10 com origem nas fontes fixas e as emissões do tráfego, tendo estas últimas mantido-se praticamente constantes. A Figura 15 apresenta ainda para os anos 2010 a 2012 a previsão das emissões, face às medidas previstas no Plano de Melhoria da Qualidade do Ar, esperando-se uma maior redução nas emissões industriais e do tráfego (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Na Tabela 10 apresenta-se, para as estações de Aveiro e de Estarreja/Teixugueira, a previsão das concentrações médias anuais de PM10 e do número de excedências ao Valor-Limite diário para os anos de 2010 a 2012, de acordo com a “metodologia 2 “ descrita no plano de melhoria, vide Anexo II (ALMEIDA *et al.*, 2010).

**Tabela 10** - Perspetivas de evolução da concentração média anual e do número de excedências ao Valor-Limite diário de PM10 para as estações de Aveiro e Estarreja/Teixugueira

Estação	Parâmetro	Situação verificada	Situação prevista		
		2009	2010	2011	2012
Aveiro	Concentração média de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	36	35	34	34
	Número de excedências ao VL diário ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	56	39	37	35
Estarreja/ Teixugueira	Concentração média de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30	29	29	28
	Número de excedências ao VL diário ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	39	30	27	25

Da análise da Tabela 10 prevê-se, para as estações de Aveiro e Estarreja/Teixugueira, uma contínua redução das concentrações médias e do número de excedências ao VL diário nos anos em análise (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Na Tabela 11 apresenta-se a evolução das concentrações médias anuais de PM10 e do número de excedências ao VL diário, para os anos de 2010 a 2012, registadas nas estações de Aveiro e de Estarreja/Teixugueira (ALMEIDA *et al.*, 2010).

**Tabela 11**- Evolução da concentração média anual e do número de excedências ao Valor Limite Diário de PM10 registadas nas estações de Aveiro e Estarreja/Teixugueira

Estação	Parâmetro	Situação verificada				Situação prevista			
		2009	2010	2011	2012	2009	2010	2011	2012
Aveiro	Concentração média de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	36	34	41	*	-	35	34	34
	Número de excedências ao VL diário ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	56	18	94	*	-	39	37	35
Estarreja/ Teixugueira	Concentração média de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30	30	34	*	-	29	29	28
	Número de excedências ao VL diário ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )	39	30	60	*	-	30	27	25

\*Ainda não existem dados disponíveis

De acordo com as Figuras 11, 12 e 13 e com a Tabela 11 a estação de monitorização da qualidade do ar situada em Estarreja/Teixugueira, em 2010 cumpriu a legislação baseada no número de excedências, porém em 2011 ultrapassou o número de excedências permitidas (60 casos de excedência), ao contrário dos 25 casos de excedência previstos. Por outro lado, em 2010 na estação localizada em Aveiro, o número de casos de excedências permitido não foi ultrapassado (34 casos de excedências), sendo-o no entanto em 2011, com um aumento do número de casos de excedência para 41 (ALMEIDA *et al.*, 2010).

### 3.4.2 Avaliação da eficácia dos Planos e Programas

Uma vez que o período a que se refere o Plano de Melhoria da Qualidade do Ar para a Região Centro já foi ultrapassado (2010 a 2012), apesar do plano ainda não ter sido aprovado, justifica-se a avaliação do estado de implementação das medidas do plano de melhoria bem como dos efeitos na qualidade do ar das medidas consideradas. De acordo com a Figura 14, era prevista uma redução progressiva das concentrações de PM10, durante o período 2010 a 2012, com o cenário conservador descrito no plano de melhoria. No entanto, e apesar de terem sido implementadas algumas medidas, verificou-se um aumento generalizado das concentrações de PM10 nas estações de monitorização da qualidade do ar, em 2011, não tendo sido cumpridos os valores previstos (cf. Figuras 11, 12 e 13).

No que diz respeito ao setor de oferta e procura de energia, todas as medidas previstas no plano de melhoria foram baseadas no PNAC, sendo a redução estimada de emissões de partículas resultante da menor utilização do parque térmico, cf. Figura 15. No entanto, a Central Termoelétrica de Mortágua, cujas emissões são contabilizadas no inventário regional, é a única na região Centro.

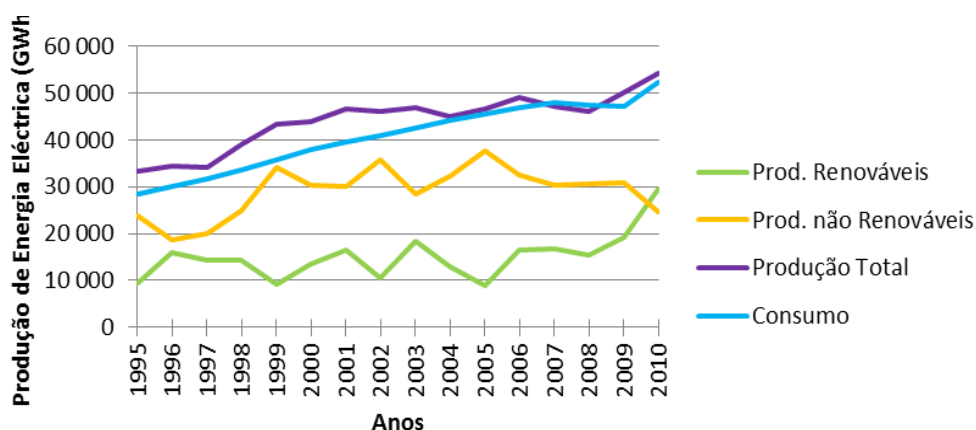


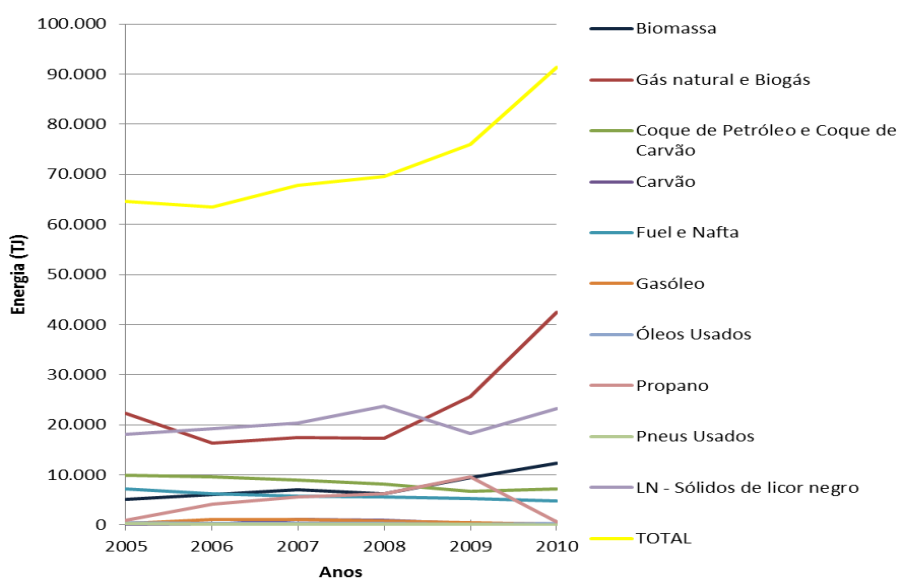
Figura 15 - Produção e consumo de energia elétrica para Portugal (URL10)

Como se pode verificar através da análise da Figura 15, a nível nacional (Portugal englobando as Regiões Autónomas dos Açores e Madeira), a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis tem sofrido oscilações que coincidem com as oscilações da produção a partir de fontes não renováveis, sendo visível que quando uma aumenta a outra diminui. Relativamente à produção total de energia elétrica, esta tem aumentado, sendo superior ao consumo, em parte devido ao contributo das renováveis, à exceção dos anos 2007 e 2008, o que significa que nestes dois anos teve de se proceder à importação de energia. Quanto ao consumo de energia elétrica, o mesmo tem vindo a aumentar de forma relativamente constante até 2007,



mantendo-se aproximadamente constante em 2008 e 2009, verificando-se um novo aumento em 2010.

Em relação ao setor de pequena combustão e outras fontes, apesar do Plano de Melhoria ter considerado previsível uma redução das emissões de partículas, verificou-se que a sua quantificação é difícil, considerando-se apenas a avaliação das emissões do tráfego e da indústria. A avaliação das emissões da indústria é baseada nos inventários regionais de emissões atmosféricas elaborados anualmente pela CCDR-C. A Figura 16 baseia-se nos consumos de combustíveis apurados para a região Centro no âmbito dos inventários regionais de emissões elaborados pela CCDR-C. Dada a influência muito significativa da Central Térmica de Ciclo Combinado de Lares, esta encontra-se englobada nos resultados apresentados na Figura 16.



**Figura 16** – Energia consumida pelo setor industrial na região Centro (CCDR-C)

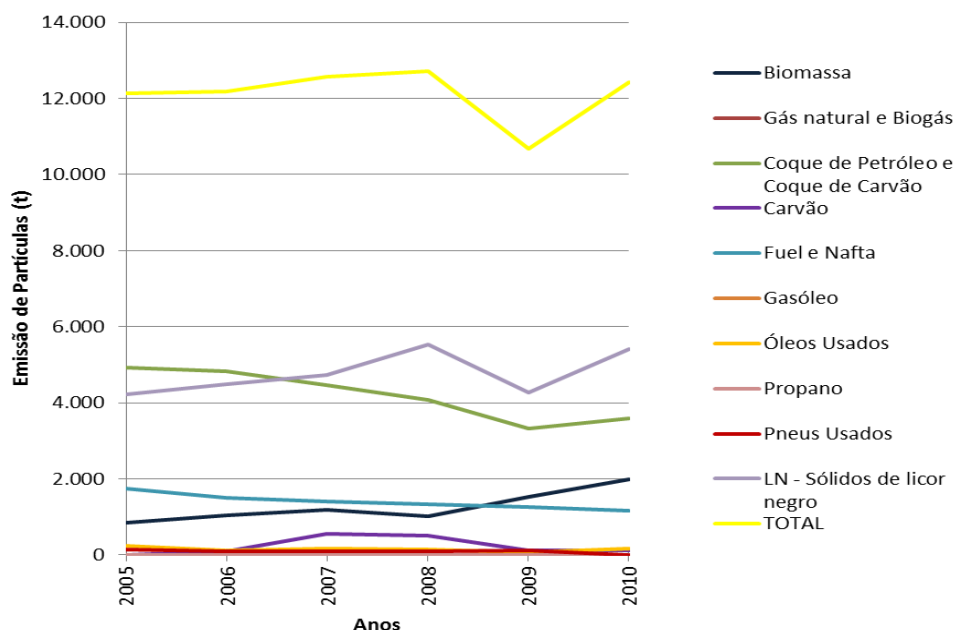
Tal como se verifica na Figura 16, os consumos de gás natural têm aumentado desde 2008 devido à entrada em funcionamento da Central Térmica de Ciclo Combinado de Lares. O consumo de Propano, desde 2009, tem sofrido um decréscimo acentuado que pode ser explicado pelo facto de ser um combustível dispendioso, pelo que tem sido substituído pelo gás natural.

Desde 2008 que se tem verificado o aumento do consumo de biomassa, que se deve ao facto de ser mais barata do que os derivados do petróleo e o seu consumo ser incentivado, na medida em que a sua emissão de CO<sub>2</sub> é contabilizada como nula para efeitos de cumprimento do Protocolo de Quioto. O licor negro é apenas utilizado como combustível na produção de pasta de papel, variando o seu consumo com a produção. A CMP - Cimentos Maceira e Pataias, S.A., é responsável pelo consumo de pneus usados, tendo autorização para a coincinação.

Os consumos de coque de petróleo e o coque de carvão sofreram uma redução sistemática desde 2005 a 2009, tendo aumentado o seu consumo de 2009 para 2010, situação que pode

dever-se ao facto de serem mais acessíveis economicamente do que os outros combustíveis, como o gás natural, por exemplo. Os consumos dos restantes combustíveis mantiveram-se praticamente constantes.

Na Figura 17 apresenta-se a emissão potencial de partículas resultante da utilização de combustíveis estimada com fatores de emissão, cf. Tabela 12. A referência a “potencial” justifica-se por a utilização de fatores de emissão não refletir adequadamente a existência, ou não, de sistemas de tratamento de gases que evitem a sua emissão.



**Figura 17** – Estimativa de emissões de partículas provenientes da indústria na região Centro (77 Concelhos)

Segundo o inventário regional de emissões atmosféricas e face às medidas previstas no plano de melhoria da qualidade do ar da região Centro, houve uma efetiva redução das emissões de partículas pela indústria desde 2007, rondando as emissões anuais as 3 000 t. Este valor não é consistente com a ordem de grandeza dos valores de emissão total que constam da Figura 17 (cerca de quatro vezes superiores), na medida em que, como já se referiu, este último dá indicação das estimativas de emissões sem considerar a existência de sistemas de tratamento.

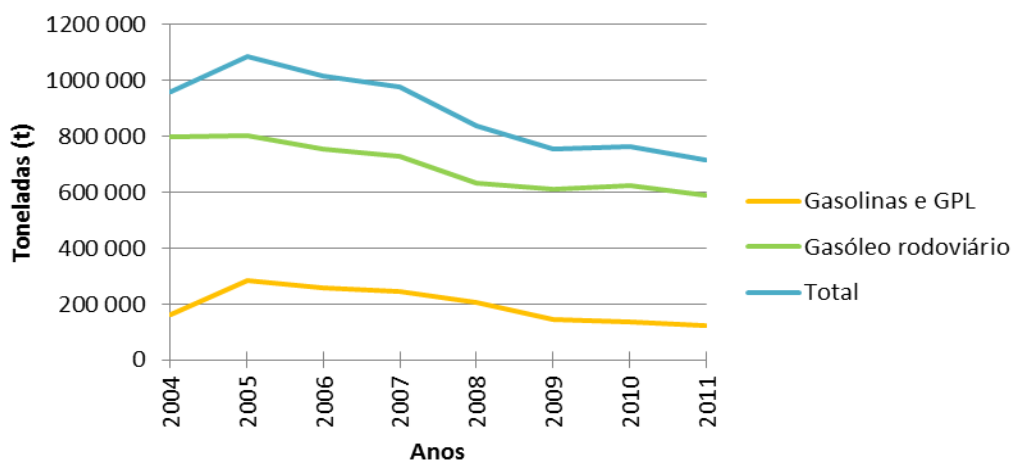
Relativamente ao tráfego, a análise da redução das emissões de partículas no plano de melhoria foi efetuada individualmente para cada medida prevista. Contudo, verificou-se que as medidas do PNAC estipularam, erradamente, o pressuposto de que não haveria alteração (aumento ou diminuição) do uso dos transportes públicos/particulares. Assim, as reduções de emissões previstas resultam dos acréscimos de eficiência energética, como a renovação do parque automóvel, bem como do aumento da taxa de incorporação de biodiesel, entre outros

(URL10), enquanto as emissões reais de partículas resultam do consumo de combustíveis fósseis, principalmente do gasóleo. Assim sendo, a avaliação baseia-se nos consumos reais de combustíveis rodoviários, calculando-se as respetivas emissões de partículas através da multiplicação por um fator de emissão médio (FE), *cf.* Tabela 12, onde estão representados os valores obtidos a partir do cálculo efetuado através da fórmula descrita no plano de melhoria da qualidade do ar da região Centro ( $E_{PTS} = \text{Consumo de Combustível} \times FE \times 10^{-6}$ ).

**Tabela 12** - Fator médio de emissão de partículas para fontes rodoviárias (g/t)

Fator de emissão médio - Gasóleo	
Urbano	Rural
1977	2261
2119	

Na Figura 18 apresentam-se as vendas de combustíveis para consumo na região Centro. Os dados do período referente a 2004 até 2009 foram extraídos diretamente do Instituto Nacional de Estatística (URL4). Para 2010 recorreu-se aos dados da Direção Geral de Energia e Geologia a nível Nacional, com ilhas (URL10).



**Figura 18** - Venda de combustíveis para consumo na região abrangida pela CCDR-C (77 Concelhos)

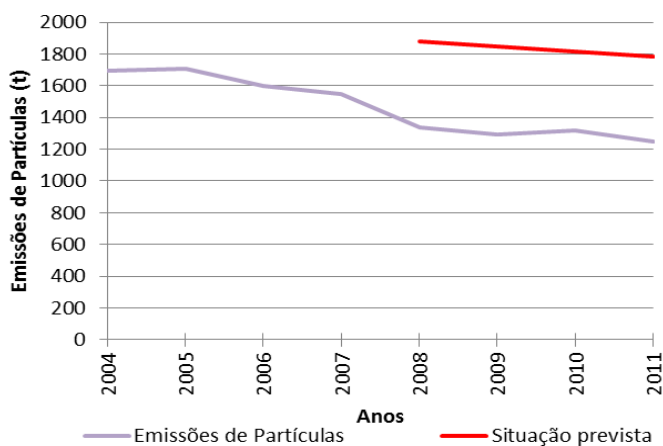
Atendendo à Figura 18, verifica-se que os consumos totais de combustíveis rodoviários, depois do máximo atingindo em 2005, tem sofrido uma redução, que foi muito acentuada até 2009 e mais ligeira desde então. Para essa redução total contribuiu a redução acentuada dos consumos de gasóleo até 2008, com redução ligeira a partir de então e a redução praticamente constante dos consumos de gasolinas (normal, aditivada, super, sem chumbo 95 e sem chumbo

98) e GPL desde 2005. O biodiesel não integra o restante grupo de combustíveis rodoviários devido ao facto do seu consumo na região Centro ser praticamente nulo.

No período de 2005 a 2011, verifica-se uma redução nos consumos totais de combustíveis rodoviários de 34% na região Centro. O consumo de gasolinas e GPL decaiu 56% enquanto o gasóleo sofreu uma redução de 27%. Estes valores são facilmente explicados pela quebra de rendimento das famílias resultante da crise económica e também do aumento acentuado dos preços dos produtos petrolíferos que, no mesmo sentido da quebra do rendimento, desincentiva a utilização não profissional dos veículos de transporte individual.

Analisando os concelhos fronteiriços de Almeida, Sabugal, Figueira de Castelo Rodrigo, Penamacor e Idanha-a-Nova, é visível uma quebra no consumo de gasóleo no somatório dos dados do INE, tendo passado de 42 698 toneladas em 2005 para 10 464 toneladas em 2008. Na base disto pode estar a possibilidade de os consumidores adquirirem combustível em Espanha, sendo os preços mais acessíveis. Quanto à gasolina, um decréscimo gradual tem-se feito sentir desde 2005.

As emissões de partículas resultam dos consumos de combustíveis, essencialmente do gasóleo, do ponto de vista prático. Assim, de modo a estimar as emissões de partículas, procedeu-se à multiplicação da quantidade de gasóleo consumida pelo fator médio de emissão de 2119 g/t, *cf.* Figura 19, comparando com a situação prevista pelo cenário conservador (1786 t) descrito no plano de melhoria, de acordo com a Tabela 9. Ressalva-se, no entanto, que estes valores não corresponderão à realidade, uma vez que o consumo efetivo dos combustíveis poderá não ocorrer no seu local de aquisição. É de salientar que os dados previstos para 2011 indiciam um decréscimo do consumo de combustíveis, que têm vindo a diminuir efetivamente desde 2008. Esta diminuição do consumo vai contribuir positivamente para a melhoria de qualidade do ar, uma vez que o tráfego é o setor antropogénico sobre o qual se tem menos controlo.



**Figura 19** - Emissões de PM10 pelo tráfego na região Centro (t)

É de referir que os dados acima apresentados são completamente diferentes dos constantes no plano de melhoria da qualidade do ar para o período de 2005 a 2009. Esta situação é explicada pelo facto de terem sido utilizados dados reais para os anos de 2005 a 2007 (a partir dos quais se estimaram consumos para os anos seguintes proporcionais à evolução da população) e por, supostamente, particularizar as emissões nas principais vias de tráfego. É de salientar, ainda, que a redução estimada era de 30 t por ano, para o período de 2009 a 2012, no entanto, verificou-se, de 2009 para 2010 um ligeiro aumento de 28 t e, no período seguinte, uma redução de 71 t. Deste modo, para o período de 2009/2011, a redução de emissões obtida foi de 43 t, sendo a prevista de 60 t.

A Figura 20 apresenta as reduções das emissões de partículas para cada medida executada no ano 2010 e se as metas estabelecidas foram cumpridas ou não. Pode também observar-se a eficácia obtida em cada medida, para cada sector e no total (URL1).

	Ref. Medida	Redução Prevista de PTS	Redução Calculada de PTS	Eficiência da Região Centro - 2010	Meta	
Sector de Oferta e Procura de Energia	MR e2	61,83	17	27%	Não Cumpriu	✗
	MR e4	0,2	0,3	188%	Cumpriu	✓
	MA2007 e1	19,23	36,04	187%	Cumpriu	✓
	MA e3	5,01	-24,94	-498%	Não Cumpriu	✗
	Sub-Total	86,2	28,4	33%	Não Cumpriu	✗
Sector dos Transportes	MR t1	27,27	12,78	47%	Não Cumpriu	✗
	MR t8 e MA t6	3,75	29,78	794%	Cumpriu	✓
	MR t10 e MA2007 t1	73,95	56,50	76%	Não Cumpriu	✗
	MA t8	0,64	1,20	187%	Cumpriu	✓
	MA t8	38,80	59,03	152%	Cumpriu	✓
	Sub-Total	144,4	159,3	110%	Cumpriu	✓
Sector Residencial e Serviços	R&S4M7	12,31	19,16	156%	Cumpriu	✓
	Sub-Total	12,3	19,2	156%	Cumpriu	✓
Sector Industrial	Sub-Total	117	287	245%	Cumpriu	✓
	Total	360,0	493,9	137%	Cumpriu	✓

**Figura 20** - Resultados das medidas implementadas e avaliação da eficácia dos sectores, relativos a 2010 (URL1)

Através da análise da Figura 20, verifica-se que apenas o sector da oferta e procura de energia não cumpriu as metas definidas, revelando uma eficácia de 33%. Quanto aos restantes sectores, estes cumpriram o estabelecido, tendo sido obtidas as eficácias de 110% no sector dos transportes, 156% no sector residencial e serviços e 245% no sector industrial, sendo estes valores obtidos através da análise das diversas medidas de cada sector. Assim, em 2010, cumpriu-se o pretendido, em termos totais, com uma eficácia de 137%.

Na Figura 21 estão representadas, para 2011, as reduções das emissões de partículas para cada medida implementada, a eficácia obtida em cada medida, sector e no total e se as metas determinadas foram cumpridas (URL1).

	Ref. Medida	Redução Prevista de PTS	Redução Calculada de PTS	Eficiência da Região Centro - 2011	Meta	
Sector de Oferta e Procura de Energia	MR e2	61,83	24	38%	Não Cumpriu	✗
	MR e4	0,4	0,2	64%	Não Cumpriu	✗
	MA2007 e1	22,05	45,19	205%	Cumpriu	✓
	MA e3	10,02	-16,64	-166%	Não Cumpriu	✗
	Sub-Total	94,2	52,5	56%	Não Cumpriu	✗
Sector dos Transportes	MR t1	28,72	22,89	80%	Não Cumpriu	✗
	MR t8 e MA t6	5,63	54,15	963%	Cumpriu	✓
	MR t10 e MA2007 t1	73,95	56,20	76%	Não Cumpriu	✗
	MA t8	1,43	-0,84	-59%	Não Cumpriu	✗
	MA t8	67,37	-14,93	-22%	Não Cumpriu	✗
	Sub-Total	177,1	117,5	66%	Não Cumpriu	✗
Sector Residencial e Serviços	R&S4M7	16,16				
	Sub-Total	16,2				
Sector Industrial	Sub-Total	351	272	116%	Cumpriu	✓
<b>Total</b>		<b>638,5</b>	<b>442,0</b>	<b>69%</b>	<b>Não Cumpriu</b>	<b>✗</b>

**Figura 21** - Resultados das medidas implementadas e avaliação da eficácia dos sectores relativos a 2011 (URL1)

De acordo com a Figura 21, verifica-se que apenas o sector industrial cumpriu as metas definidas com uma eficácia de 116%. Por outro lado, os restantes sectores não cumpriram o determinado e o sector residencial e serviços não possui dados disponíveis para a sua contabilização, tendo sido obtidas as eficácias de 56% no sector de oferta e procura de energia, 66% no sector dos transportes, tendo sido obtidos a partir da análise das medidas referentes a cada sector. Com uma eficácia de 69% no total, em 2011 não foi cumprido o pretendido, tal como seria de prever através da análise das Figuras 13 e 14.

Ao contrário do que se previa (Figura 14) em 2011 aumentaram as concentrações de PM10 na região Centro (Figuras 12 e 13), o que demonstra que, apesar de terem sido implementadas algumas medidas previstas no plano de melhoria para a qualidade do ar da região Centro, estas não foram suficientes para reduzir as concentrações de PM10 para o valor previsto. O setor industrial tem um aumento da emissão de PM10 a partir de 2009 e no setor dos transportes verificou-se um decréscimo da emissão de PM10, no entanto este não se deve às medidas, mas sim à crise que levou ao menor consumo de combustíveis por parte da população. Contudo, o aumento de emissões em 2011 pode resultar de transporte de PM10, produção local ou eventos naturais. Assim, torna-se pertinente a análise mais detalhada de parâmetros meteorológicos, como a temperatura, velocidade e direção do vento, para determinar se estes influenciam a qualidade do ar.

## **4. Análise da influência dos parâmetros meteorológicos na Qualidade do Ar**

No presente capítulo apresenta-se a análise das concentrações dos poluentes PM10, O<sub>3</sub> e NOx medidos nas estações de monitorização da qualidade do ar da região Centro, durante o período de 2003 a 2011. Esta análise engloba uma avaliação de tendências e análise estatística das concentrações dos poluentes em estudo, devido à sua relevância nos planos e programas em estudo, uma análise qualitativa e uma análise quantitativa para determinar a influência das condições meteorológicas na qualidade do ar na região Centro, bem como os resultados obtidos da análise.

### **4.1 Abordagem Metodológica**

Para analisar a influência das condições meteorológicas na qualidade do ar da região Centro foi definida a seguinte metodologia:

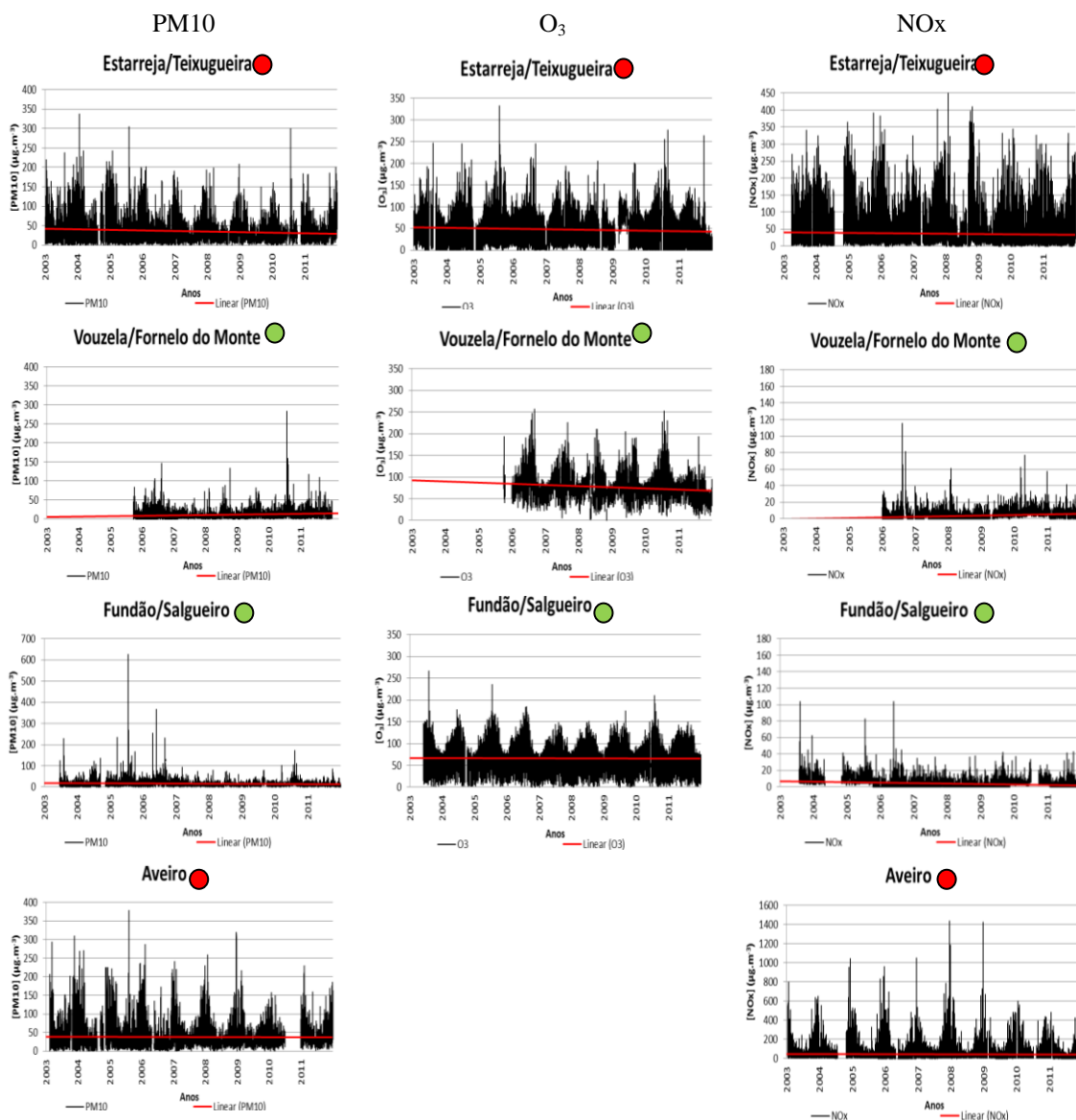
- Elaboração de uma base de dados com informação relativa à qualidade do ar na região de estudo, isto é, os valores das concentrações dos poluentes PM10, O<sub>3</sub> e NOx, registados nas nove estações de monitorização da qualidade do ar, para o período de 2003 a 2011, e disponíveis na base de dados *online* QualAr. Note-se que as estações de Aveiro e Coimbra – Avenida Fernão Magalhães não possuem dados para o poluente O<sub>3</sub>;
- Elaboração de uma base de dados com informação relativa à meteorologia, para o período de estudo (2003-2011), com dados relativos à temperatura, velocidade do vento e direção do vento;
- Tratamento destes dados através de uma análise qualitativa e quantitativa com o intuito de compreender o comportamento de cada poluente/estação durante os anos 2003-2011, a partir da análise da evolução das médias horárias e tendência linear, de um perfil médio diário, de parâmetros estatísticos das concentrações médias diárias, da evolução da relação entre os diversos poluentes, da evolução da relação entre os poluentes em estudo e a temperatura e a concentração média por direção do vento;
- Utilização de testes estatísticos, incorporados no *software* SPSS, para efetuar uma análise quantitativa e determinar as correlações (bivariada de *Pearson*) entre os dados das estações de monitorização da qualidade do ar e as estações meteorológicas.

### **4.2 Análise de Dados da Qualidade do Ar**

Através dos dados registados nas nove estações de monitorização da qualidade do ar procedeu-se a uma análise das concentrações medidas com a finalidade de estudar o comportamento dos poluentes em estudo durante o período de análise.

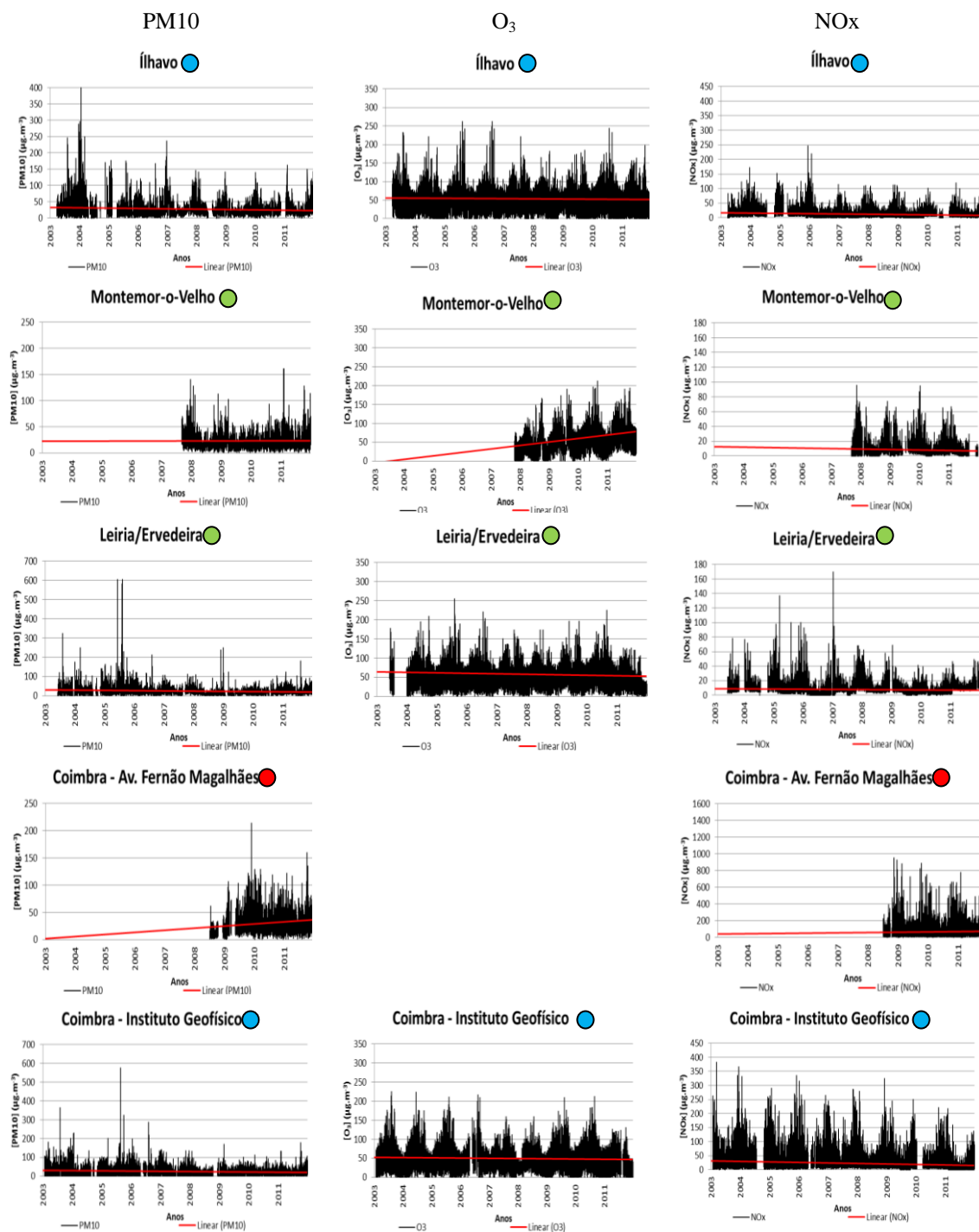
### 4.2.1 Análise de tendências

Com o objetivo de observar a evolução temporal das médias horárias das concentrações dos poluentes e a respetiva linha de tendência, para as várias estações representaram-se as concentrações horárias medidas durante os anos de estudo (2003-2011), *cf.* Figura 22 a e b. É relevante referir que, para este caso, foram utilizados todos os dados disponíveis, incluindo os que não obtiveram a taxa mínima de eficiência legalmente estabelecida (85%).



**Figura 22 a** – Evolução das concentrações médias horárias e tendência linear para os poluentes PM10, O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> nas diversas estações de monitorização da qualidade do ar ao longo do período de estudo (2003-2011), o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e, o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais





**Figura 22 b** – Evolução das concentrações médias horárias e tendência linear para os poluentes PM10, O<sub>3</sub> e NOx nas diversas estações de monitorização da qualidade do ar ao longo do período de estudo (2003-2011), o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e, o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

Através da análise da Figura 22 a e b, verifica-se que, para o poluente PM10, nas estações do Fundão/Salgueiro, Aveiro, Ílhavo, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira os valores mantêm-se, enquanto nas estações de Vouzela/Fornelo do Monte e Coimbra – Avenida Fernão Magalhães as concentrações tendem a aumentar. Por outro lado, nas estações de Estarreja/Teixugueira e

Coimbra - Instituto Geofísico é visível o decréscimo na linha de tendência (a vermelho). Como seria de prever, na maioria dos casos registam-se as maiores concentrações durante o inverno, derivadas da queima de biomassa residencial, porém observam-se alguns picos durante o verão, podendo ser explicados por fenómenos naturais como incêndios florestais, transporte de poeiras de regiões secas e aerossóis marinhos, sendo estes mais elevados no ano de 2005. Contudo, as estações de monitorização da qualidade do ar rurais de Vouzela/Fornelo do Monte e Fundão/Salgueiro mostram um comportamento oposto, verificando-se que as maiores concentrações registadas ocorreram no verão, possivelmente relacionados com fenómenos de baixa dispersão de poluentes na atmosfera, turbulência atmosférica ou devido ao facto de os terrenos estarem secos, havendo maior concentração de PM10 na atmosfera. No Inverno, talvez devido a fenómenos de deposição húmida, registaram-se concentrações mais baixas de PM10. Verifica-se que as concentrações mais elevadas são observadas nas estações localizadas na faixa litoral.

Relativamente ao O<sub>3</sub>, os valores mantêm-se constante nas estações do Fundão/Salgueiro, Ílhavo e Coimbra – Instituto Geofísico. As concentrações tendem a aumentar na estação de Montemor-o-Velho e a diminuir nas estações de Estarreja/Teixugueira, Leiria/Ervedeira e Vouzela/Fornelo do Monte, *cf.* Figura 22 a e b. Nas diversas estações podem verificar-se os picos durante o verão, visto as temperaturas serem mais elevadas, auxiliando a formação deste poluente. É nas estações urbanas/industriais e urbanas de fundo que se observam as concentrações mais elevadas.

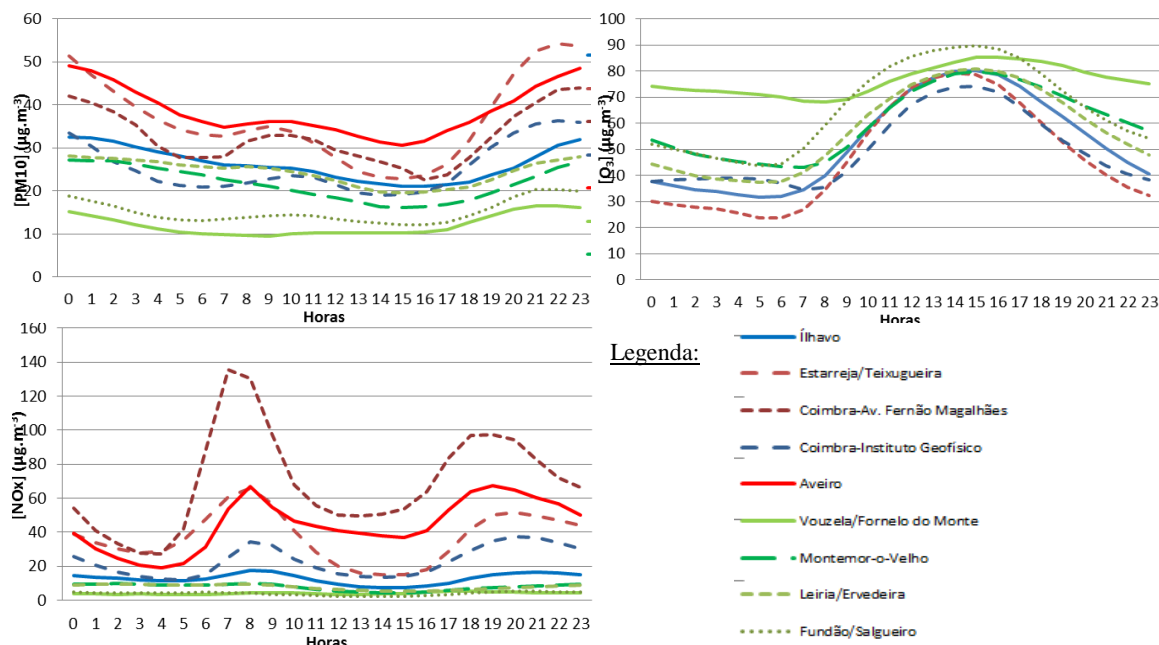
No que diz respeito ao poluente NO<sub>x</sub>, constata-se que nas estações de Aveiro e Leiria/Ervedeira mantêm-se constante a linha de tendência, enquanto nas estações de Vouzela/Fornelo do Monte e Coimbra – Avenida Fernão Magalhães as concentrações tendem a aumentar, visto tratar-se de um poluente bastante comum em zonas de tráfego intenso. Nas estações de Estarreja/Teixugueira, Montemor-o-Velho, Fundão/Salgueiro, Ílhavo e Coimbra – Instituto Geofísico é visível que a tendência é decrescente para as concentrações de NO<sub>x</sub>. Observa-se também que as concentrações tendem a aumentar no inverno, uma vez que no verão este poluente pode estar na origem do O<sub>3</sub>, diminuindo assim as suas concentrações neste período. É nas estações urbanas/industriais que se observam as concentrações mais elevadas, relacionadas com a presença de unidades fabris e de tráfego rodoviário intenso, enquanto as estações rurais têm concentrações menos acentuadas.

#### **4.2.2 Análise de perfis médios diários**

Na Figura 23 está representado o perfil médio diário para os poluentes PM10, O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> para as nove estações de monitorização da qualidade do ar existentes na Região Centro, para o período de estudo, com a finalidade de compreender o comportamento dos poluentes na região

em análise. É de salientar que foram utilizados apenas dados para os anos em que a taxa mínima de eficiência legalmente estipulada foi atingida (> 85%).

Com o intuito de facilitar a leitura dos dados representados graficamente, estes foram dispostos por tipologia de estação.



**Figura 23** - Perfil médio diário das concentrações de PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar; as linhas a verde representam as estações rurais, as linhas na gradação azul as estações urbanas de fundo e as linhas vermelhas são representativas das estações urbanas/industriais

A partir da análise da Figura 23 é possível concluir que os perfis dos poluentes analisados são semelhantes para a maioria das estações. Porém, verificam-se algumas diferenças no poluente NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>) nas diversas estações. Como o NO<sub>x</sub> resulta em grande parte do tráfego rodoviário verifica-se um pico nas horas de ponta (por volta das 07:00 e as 09:00 horas e entre as 18:00 e as 20:00 horas) nas estações urbanas/industriais (gradação de tons vermelhos), sendo por isso menos acentuado nas estações rurais (gradação de tons verdes).

No que diz respeito ao poluente PM<sub>10</sub>, constata-se uma variação diária mais acentuada nas estações urbanas/industriais de Estarreja/Teixugueira, Coimbra (Avenida Fernão Magalhães) e Aveiro que pode ser explicada pela presença de outras fontes emissoras de PM<sub>10</sub> para além do tráfego. As restantes estações têm valores muito semelhantes, sendo visível um pequeno pico nas horas de maior intensidade de tráfego, principalmente entre as 08:00 e as 10:00 horas, mais acentuados nas estações de Aveiro, Coimbra e Estarreja/Teixugueira. Note-se que as concentrações mais elevadas são observadas durante a noite o que pode ser explicado pelas situações de inversão térmica, habituais no período noturno, e devido à presença de fontes noturnas como sejam a combustão residencial, principalmente no outono e inverno. As baixas

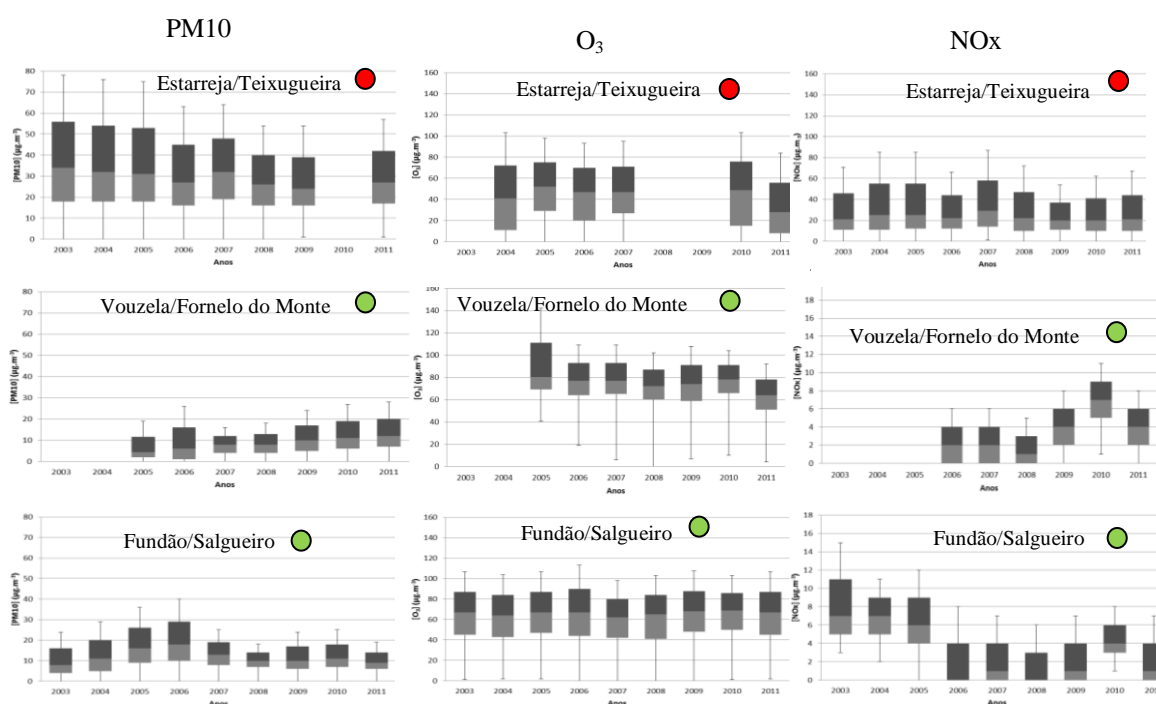
concentrações observadas durante o período diurno podem dever-se a condições meteorológicas que favoreçam a dispersão deste poluente.

Relativamente ao O<sub>3</sub>, é visível um pico em todas as estações de monitorização, destacando-se as estações rurais, entre as 13:00 e as 16:00 horas coincidente com o período em que as temperaturas são mais elevadas e talvez devido ao transporte horizontal dos precursores (NO<sub>x</sub>) provenientes das áreas urbanas, às reações fotoquímicas que estão na sua origem, bem como à presença de precursores (COVs) nas áreas rurais, sendo menos acentuado na estação de Vouzela/Fornelo do Monte. Também as baixas concentrações observadas durante o período noturno e a manhã coincidem com o consumo pelos NO<sub>x</sub> emitidos nas fábricas em funcionamento.

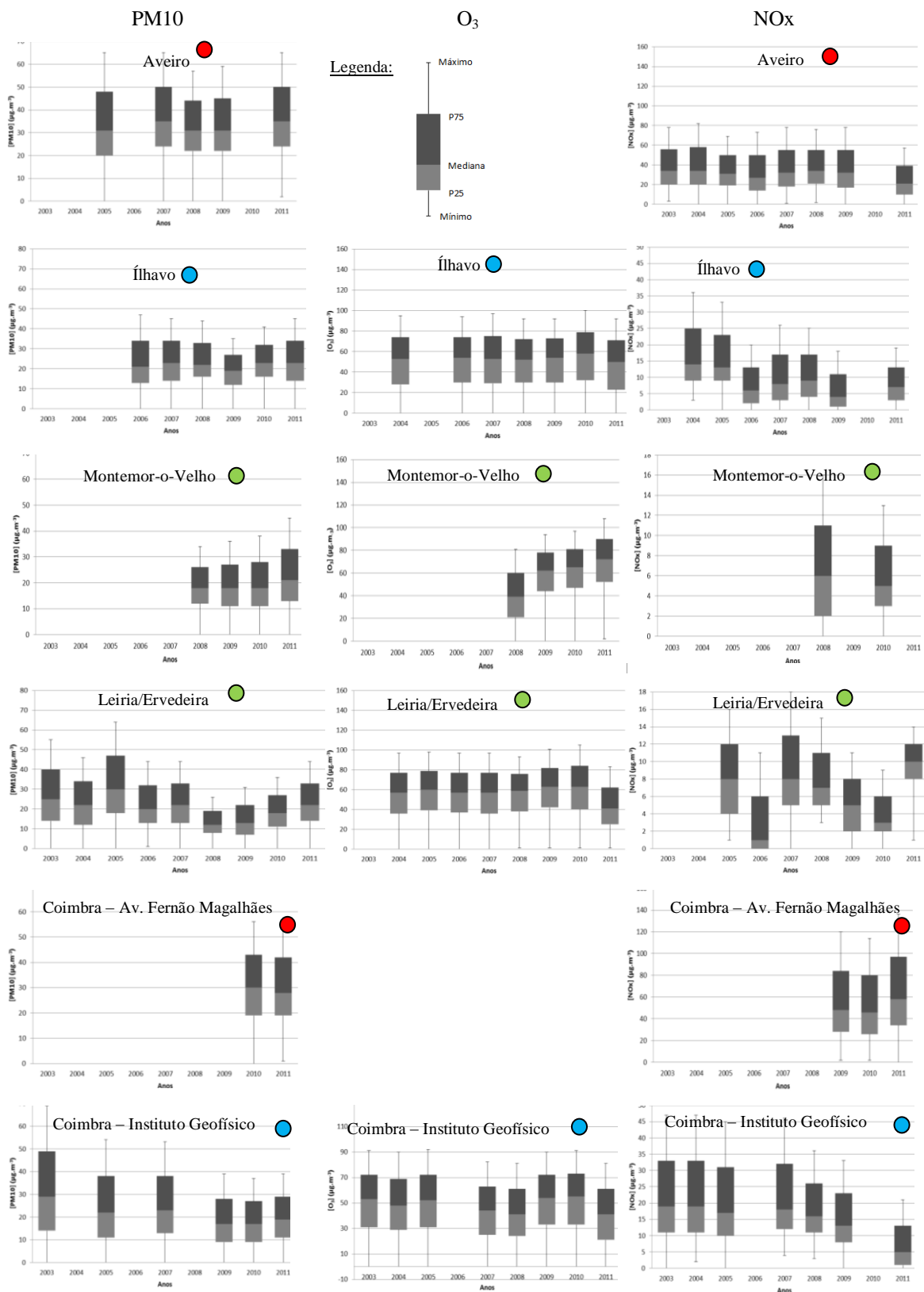
Deste modo, pode verificar-se um padrão nos poluentes em estudo e nas diversas estações de monitorização da qualidade do ar, em que os picos ocorrem durante as horas de ponta e são mais acentuados nas estações urbanas/industriais e menos frisados nas estações rurais, exceto no caso do O<sub>3</sub> visto ser um poluente secundário.

#### 4.2.3 Análise estatística

Com o intuito de compreender a variabilidade das concentrações de PM<sub>10</sub>, O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> nas estações, fez-se uma análise estatística através do cálculo de parâmetros tais como mínimo, percentil 25, mediana, percentil 75 e máximo dos valores médios horários para os anos de 2003 a 2011, *cf.* Figura 24 a e b. Foram utilizados dados para os anos em que houve eficiência nas estações de monitorização da qualidade do ar (> 85%).



**Figura 24 a** – Parâmetros estatísticos das concentrações médias diárias para os poluentes PM<sub>10</sub> e NO<sub>x</sub> e das médias horárias para o poluente O<sub>3</sub> por ano e estação de monitorização; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais



**Figura 24 b** – Parâmetros estatísticos das concentrações médias diárias para os poluentes PM10 e NO<sub>x</sub> e das médias horárias para o poluente O<sub>3</sub> por ano e estação de monitorização; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

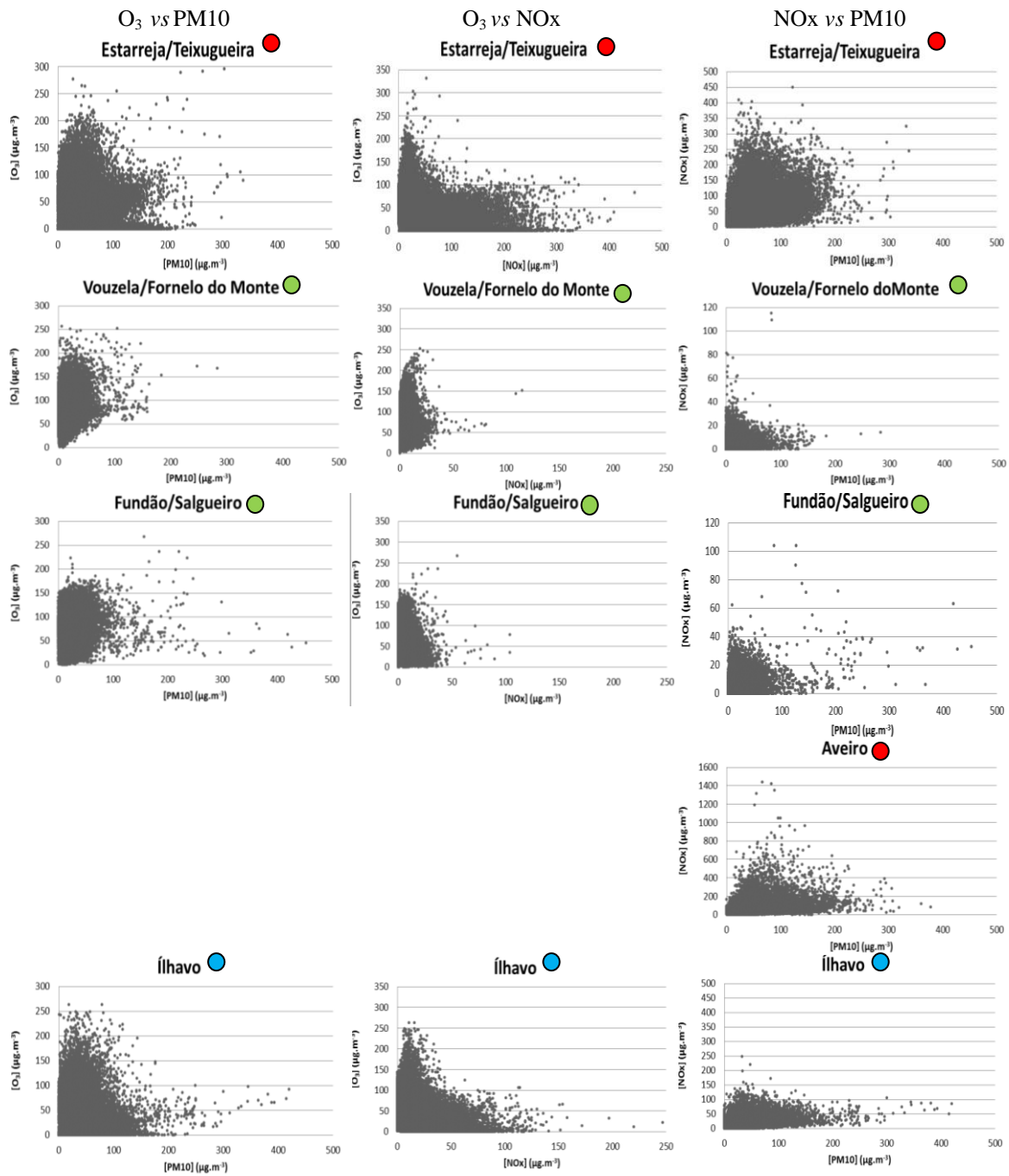
Atendendo à Figura 24 a e b, para o poluente PM10 constata-se que nas estações de Vouzela/Fornelo do Monte, Aveiro, Ílhavo, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira a tendência é crescente, enquanto nas estações de Fundão/Salgueiro e Coimbra - Instituto Geofísico as concentrações tendem a diminuir. Por outro lado, nas estações de Estarreja/Teixugueira e Coimbra – Avenida Fernão Magalhães os valores mantêm-se. Verifica-se que é nas estações localizadas na faixa litoral que se observam as concentrações mais elevadas, podendo ser explicado pelo intenso tráfego na A1 e pelo transporte de partículas das regiões secas do norte de África.

No que diz respeito ao O<sub>3</sub>, a tendência é decrescente nas estações de Estarreja/Teixugueira, Vouzela/Fornelo do Monte e Leiria/Ervedeira e os valores mantêm-se nas estações do Fundão/Salgueiro, Ílhavo e Coimbra – Instituto Geofísico, enquanto as concentrações tendem a aumentar na estação de Montemor-o-Velho, *cf.* Figura 24 a e b. As estações situadas na faixa litoral possuem concentrações mais elevadas para o poluente O<sub>3</sub> devido ao possível transporte horizontal de massas de ar *offshore*.

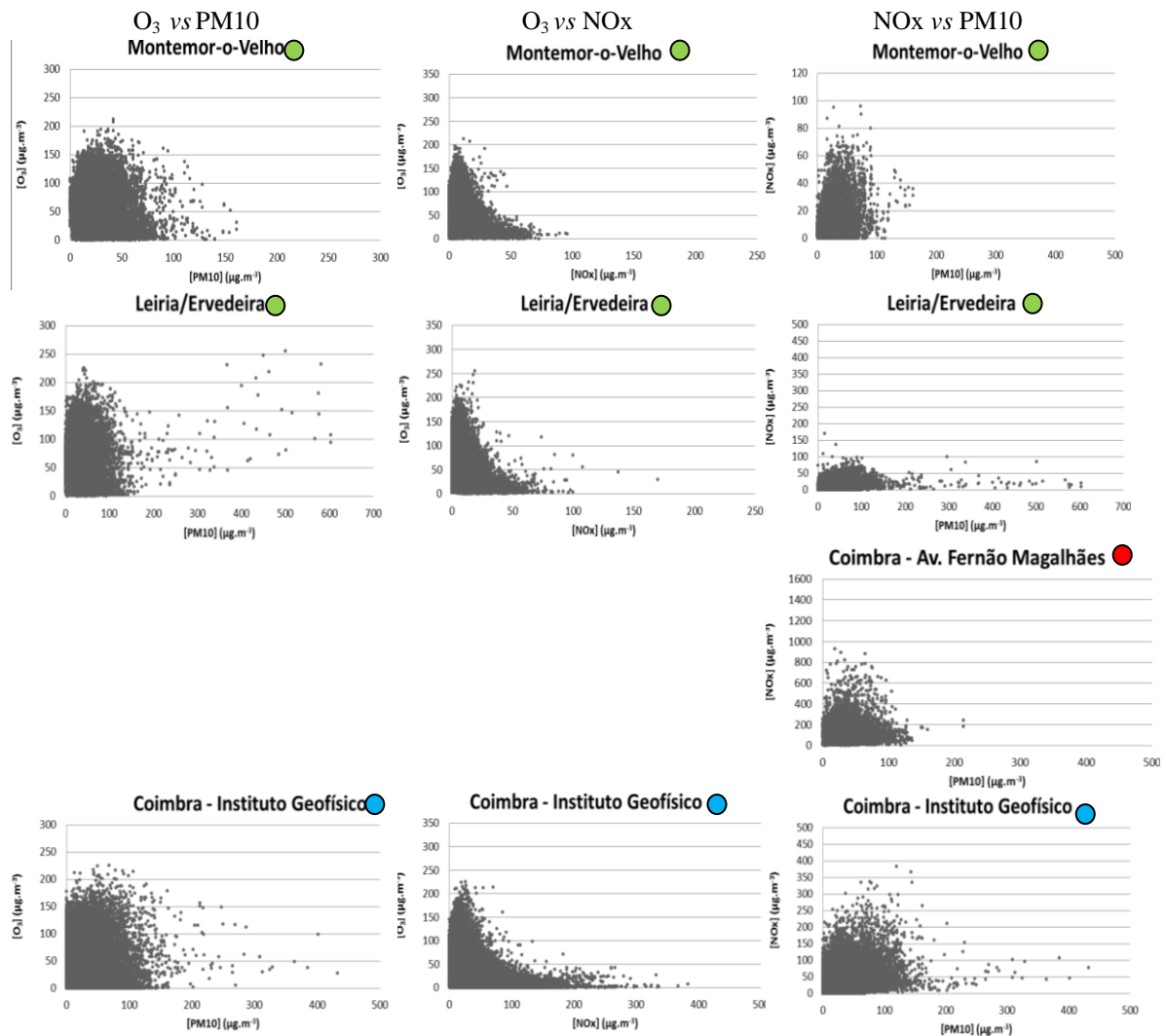
Relativamente ao poluente NOx, verifica-se que nas estações de Vouzela/Fornelo do Monte e Coimbra – Avenida Fernão Magalhães a tendência é crescente, uma vez que se trata de um poluente comum nas zonas com muito tráfego. Nas estações de Estarreja/Teixugueira, Fundão/Salgueiro, Ílhavo, Montemor-o-Velho, Leiria/Ervedeira e Coimbra – Instituto Geofísico é visível que a tendência é decrescente para as concentrações de NOx, enquanto na estação de Aveiro os valores das concentrações mantêm-se. As concentrações elevadas podem ser explicadas pelo intenso tráfego nas autoestradas A1 e A24 e pela presença de zonas industriais.

#### **4.2.4 Relação entre os poluentes PM10, O<sub>3</sub> e NOx**

Para analisar a relação entre os poluentes em estudo elaboraram-se gráficos de dispersão, para as várias estações e para os anos de estudo, *cf.* Figura 25 a e b. Para este caso foram utilizados todos os dados disponíveis, inclusive os dos anos em que não se obteve a taxa mínima de eficiência legalmente estabelecida (85%).



**Figura 25 a** - Relação entre as concentrações dos poluentes em estudo, para as várias estações e considerando o período de estudo; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais



**Figura 25 b** - Relação entre as concentrações dos poluentes em estudo, para as várias estações e considerando o período de estudo; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

De acordo com a Figura 25 a e b, é possível observar que a concentração de O<sub>3</sub> é maior quanto menor for a concentração de PM10 na atmosfera, verificando-se um maior grau de dispersão à medida que as concentrações do poluente PM10 aumentam nas estações de monitorização da qualidade do ar, sendo mais acentuado nas estações localizadas na faixa litoral devido ao possível transporte de aerossóis marinhos e de poeiras dos desertos do Saara e Sahel. No entanto, nas estações de Fundão/Salgueiro e Vouzela/Fornelo do Monte verifica-se a situação oposta, isto é, a concentração de O<sub>3</sub> na atmosfera é elevada à medida que a concentração de PM10 aumenta.

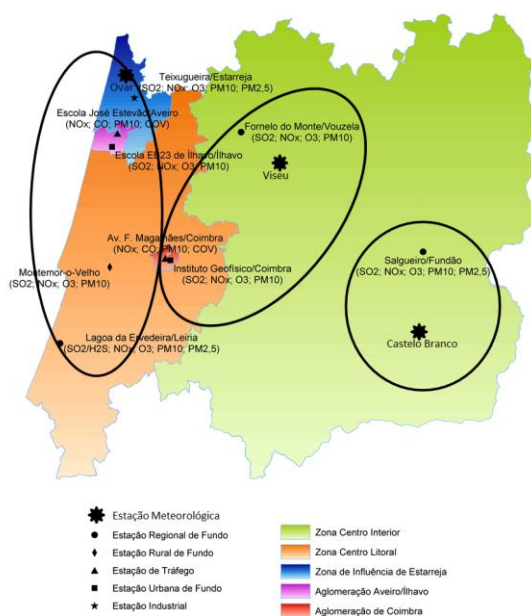


A concentração de NO<sub>x</sub> diminui quando a concentração de O<sub>3</sub> na atmosfera aumenta, cenário comum nas diversas estações de monitorização da qualidade do ar, visto o NO<sub>x</sub> ser um precursor na formação de O<sub>3</sub>. Estes poluentes correlacionam-se entre si através de fenómenos fotoquímicos, verificando-se assim um padrão mais acentuado nas estações de monitorização urbanas/ industriais e urbanas de fundo talvez devido ao transporte de massas de ar *offshore*, ao intenso tráfego e presença de unidades fabris, com exceção de Vouzela/Fornelo do Monte.

Por outro lado, entre PM10 e NO<sub>x</sub> não existe uma relação, uma vez que a concentração de NO<sub>x</sub> na atmosfera é elevada quando a concentração de PM10 é reduzida, porém o nível de dispersão aumenta quando a concentração de PM10 aumenta. Esta dispersão é menor nas estações de Vouzela/Fornelo do Monte e Leiria/Ervedeira.

### 4.3 Relação entre Qualidade do Ar e Meteorologia

Foram selecionados os dados das estações meteorológicas disponibilizados pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) com base na eficiência de dados e proximidade das estações de monitorização da qualidade do ar (URL9). Assim, na região Centro existem três estações meteorológicas com dados disponíveis (Ovar, Viseu e Castelo Branco) para relacionar com as nove estações de monitorização da qualidade do ar, através da proximidade entre estas, cf. a Figura 26.



**Figura 26** – Localização das estações de qualidade do ar e meteorológicas na região Centro

Utilizaram-se os dados meteorológicos da estação de Ovar como sendo representativos das condições meteorológicas das estações de monitorização da qualidade do ar de

Estarreja/Teixugueira, Aveiro, Ílhavo, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira devido à sua proximidade do mar e da influência dos ventos predominantes, enquanto os dados relativos à estação meteorológica de Viseu são considerados representativos das condições meteorológicas das estações de monitorização de Vouzela/Fornelo do Monte e Coimbra (Instituto Geofísico e Avenida Fernão Magalhães), enquanto os dados da estação de Castelo Branco foram utilizados como sendo representativos das condições meteorológicas da estação de Fundão/Salgueiro, como se verifica nas áreas circulares representadas na Figura 26.

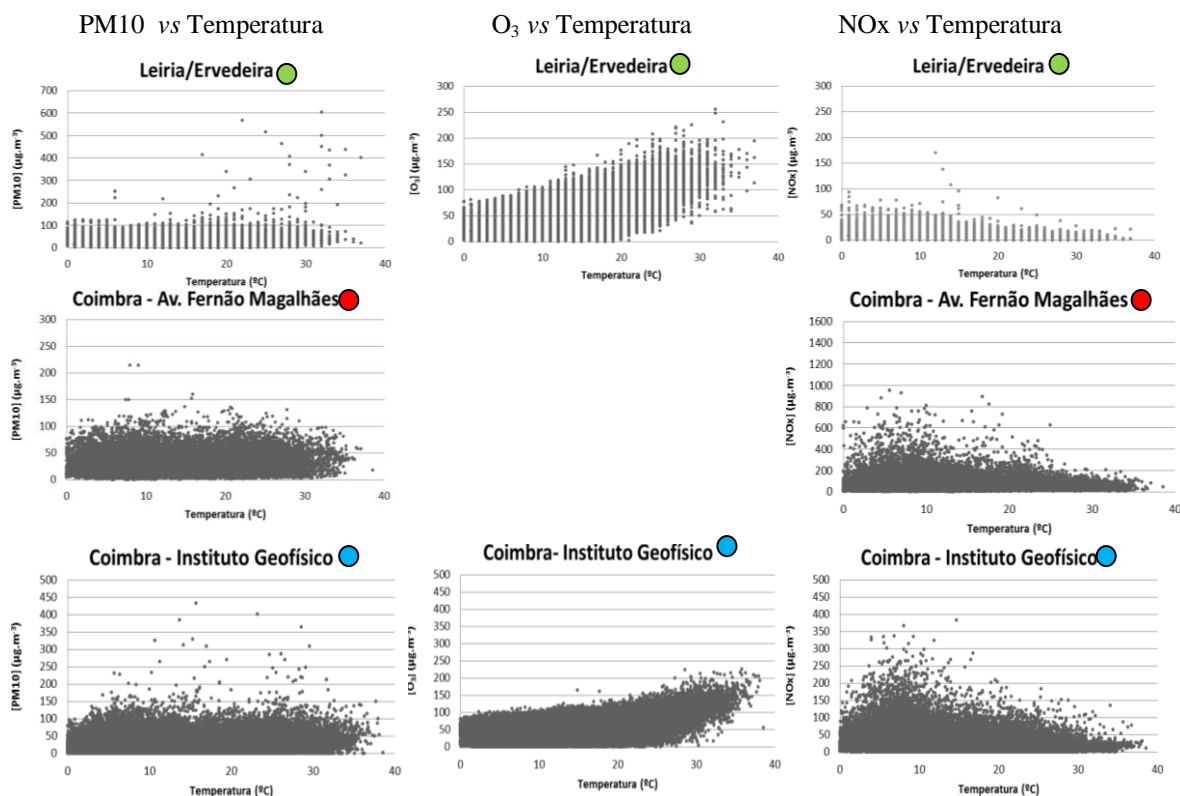
É de salientar que, tipicamente durante o Inverno, Portugal é afetado por ventos frios e húmidos provenientes de NO (Oceano Atlântico) e por massas de ar frio e secas que se aproximam por NE (Sibéria). No entanto, durante o Verão, os ventos quentes e secos são predominantes de SE (Norte de África) e as massas de ar quente e húmidas provêm da direção SO (anticiclone dos Açores) (GIRÃO, 1953).

#### **4.3.1 Parâmetros Meteorológicos**

Para analisar a relação entre os poluentes em estudo e a temperatura das estações meteorológicas mais próximas, elaboraram-se gráficos de dispersão para as diversas estações e para os anos de 2003 a 2011, representados na Figura 27 a e b. Note-se que foram utilizados todos os dados disponíveis, incluindo os que não obtiveram a taxa de eficiência legalmente estabelecida (> 85%).



**Figura 27 a** - Relação entre os poluentes em estudo e a temperatura para as várias estações e considerando o período de estudo; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais



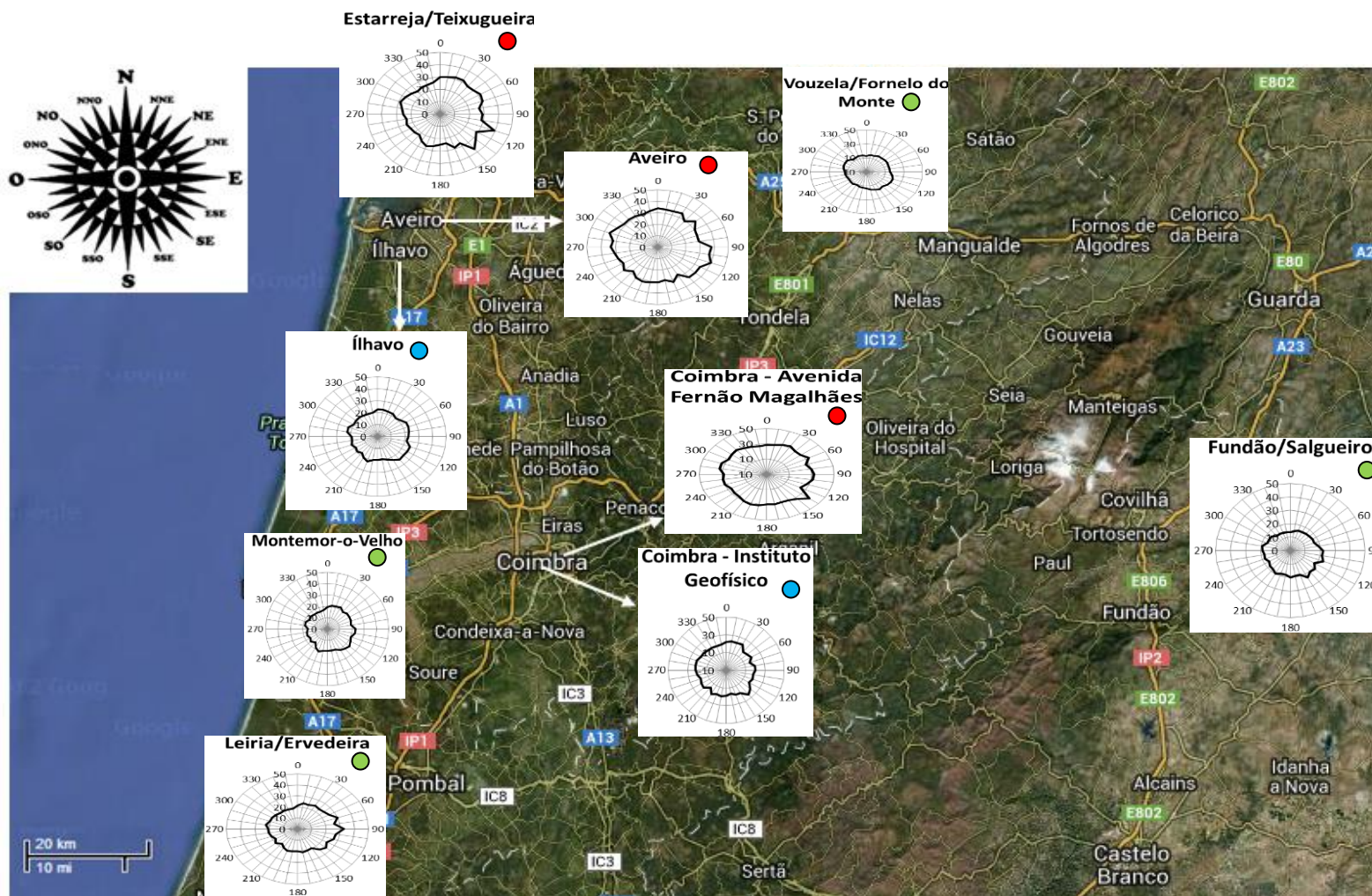
**Figura 27 b** - Relação entre os poluentes em estudo e a temperatura para as várias estações e considerando o período de estudo; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

Através da análise da Figura 27 a e b pode constatar-se que a concentração de PM10 é maior quanto menor for a temperatura, que pode ser explicada pela queima de biomassa no setor residencial, havendo maior grau de dispersão à medida que as concentrações do poluente PM10 aumentam. Contudo, nas estações de Fundão/Salgueiro, Vouzela/Fornelo do Monte e Coimbra (Avenida Fernão Magalhães e Instituto Geofísico) verifica-se a situação oposta, isto é, a concentração de PM10 é elevada quando a temperatura aumenta, devido à hipótese de ressuspensão de PM dos solos secos.

Quando a temperatura sobe acima dos 15°C a concentração de O<sub>3</sub> aumenta, situação comum nas diversas estações de monitorização da qualidade do ar, o que está de acordo com o esperado uma vez que as temperaturas aumentam com a radiação e quando estas baixam, durante o período noturno, não há condições para a produção de O<sub>3</sub>. Dos poluentes em estudo verifica-se que o O<sub>3</sub> é o mais influenciado pela temperatura, principalmente nas estações situadas no litoral, devido às reações fotoquímicas, à sua cinética e ao possível transporte horizontal de massas de ar *offshore*.

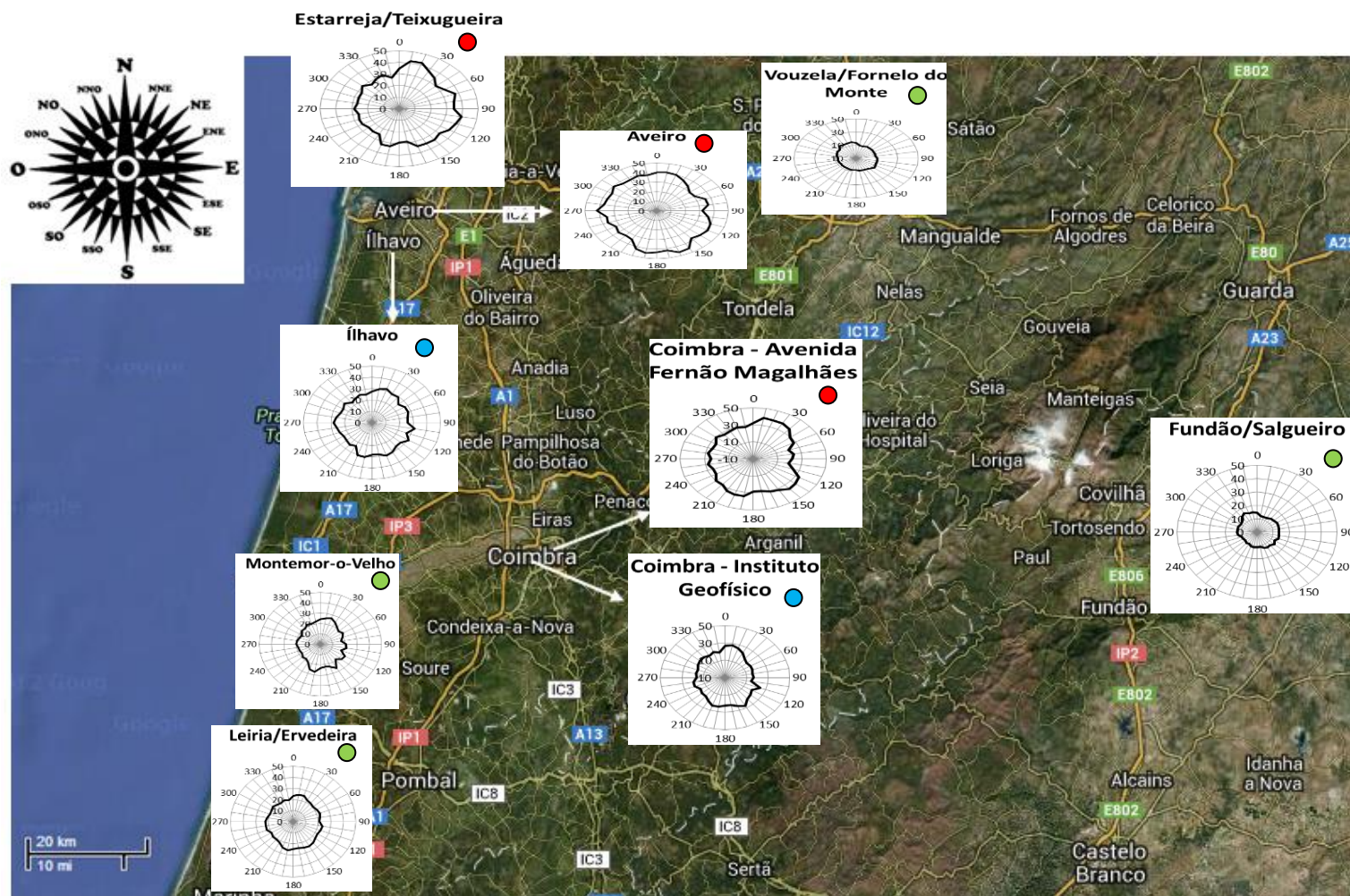
No que diz respeito ao NO<sub>x</sub>, as concentrações apresentam valores mais elevados quando a temperatura desce abaixo dos 15°C. Acima dos 15°C a concentração de NO<sub>x</sub> diminui uma vez que é consumido e sofre reações (formação de O<sub>3</sub>). Quando a temperatura é inferior aos 10°C, verifica-se uma retenção do NO<sub>x</sub> na atmosfera, visto não ser consumido, verificando-se a sua acumulação na atmosfera. Esta dispersão é menor nas estações de Vouzela/Fornelo do Monte e Fundão/Salgueiro.

Com o intuito de analisar a concentração média por direção do vento registada nas estações meteorológicas mais próximas, elaboraram-se rosas de poluição para as diversas estações e poluentes para os anos em estudo e sobrepuseram-se em mapas da zona Centro de modo a determinar a influência na concentração dos poluentes, representados nas Figuras 28, 29, 30, 31, 32 e 33. Apenas foram utilizados os dados que obtiveram a taxa mínima de eficiência legalmente estabelecida (85%).



**Figura 28** - Concentração média do poluente PM10 por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de primavera-verão de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

Análise da Qualidade do Ar da Região Centro – Validação de Políticas

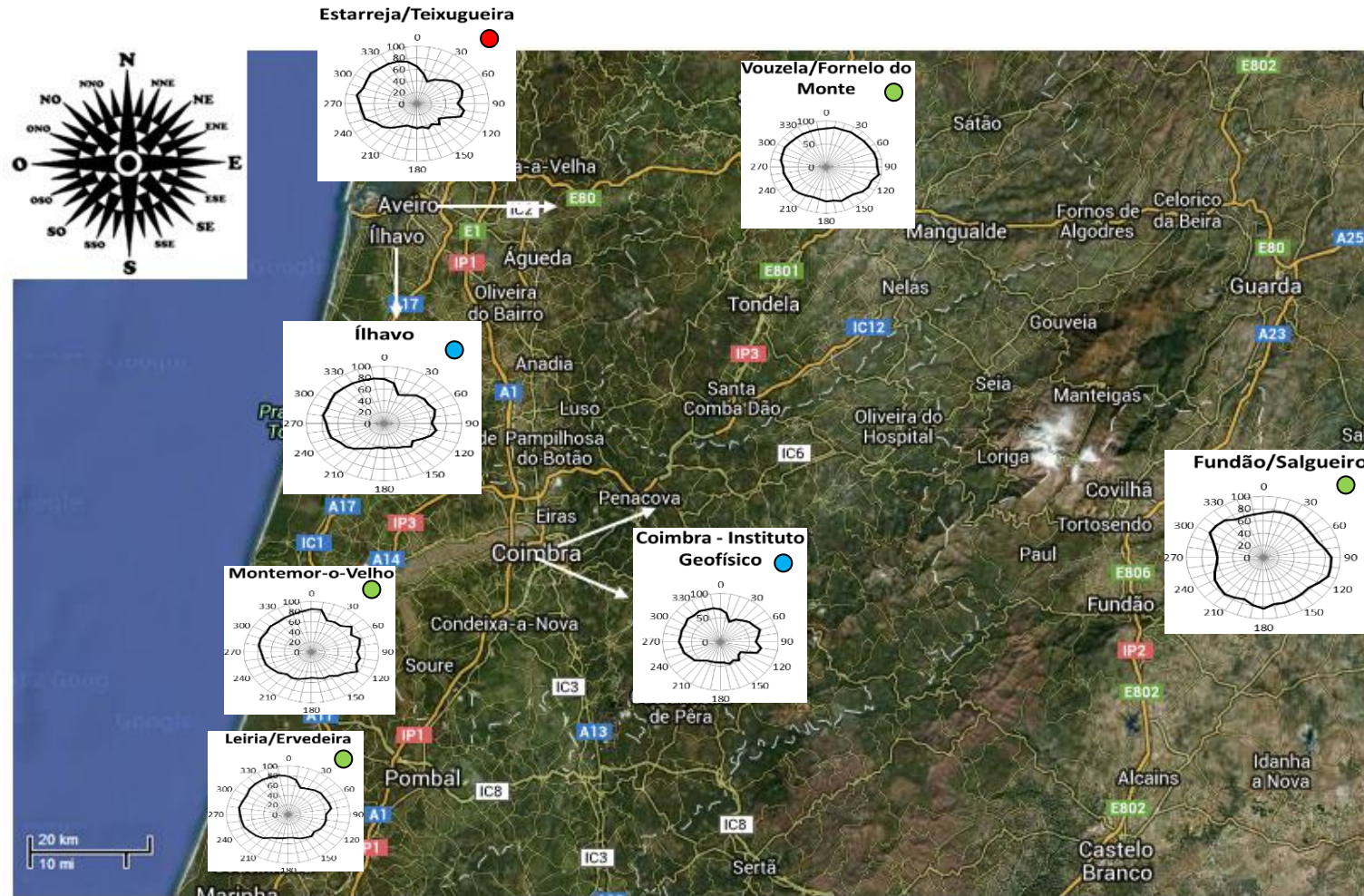


**Figura 29** - Concentração média do poluente PM10 por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de outono-inverno de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

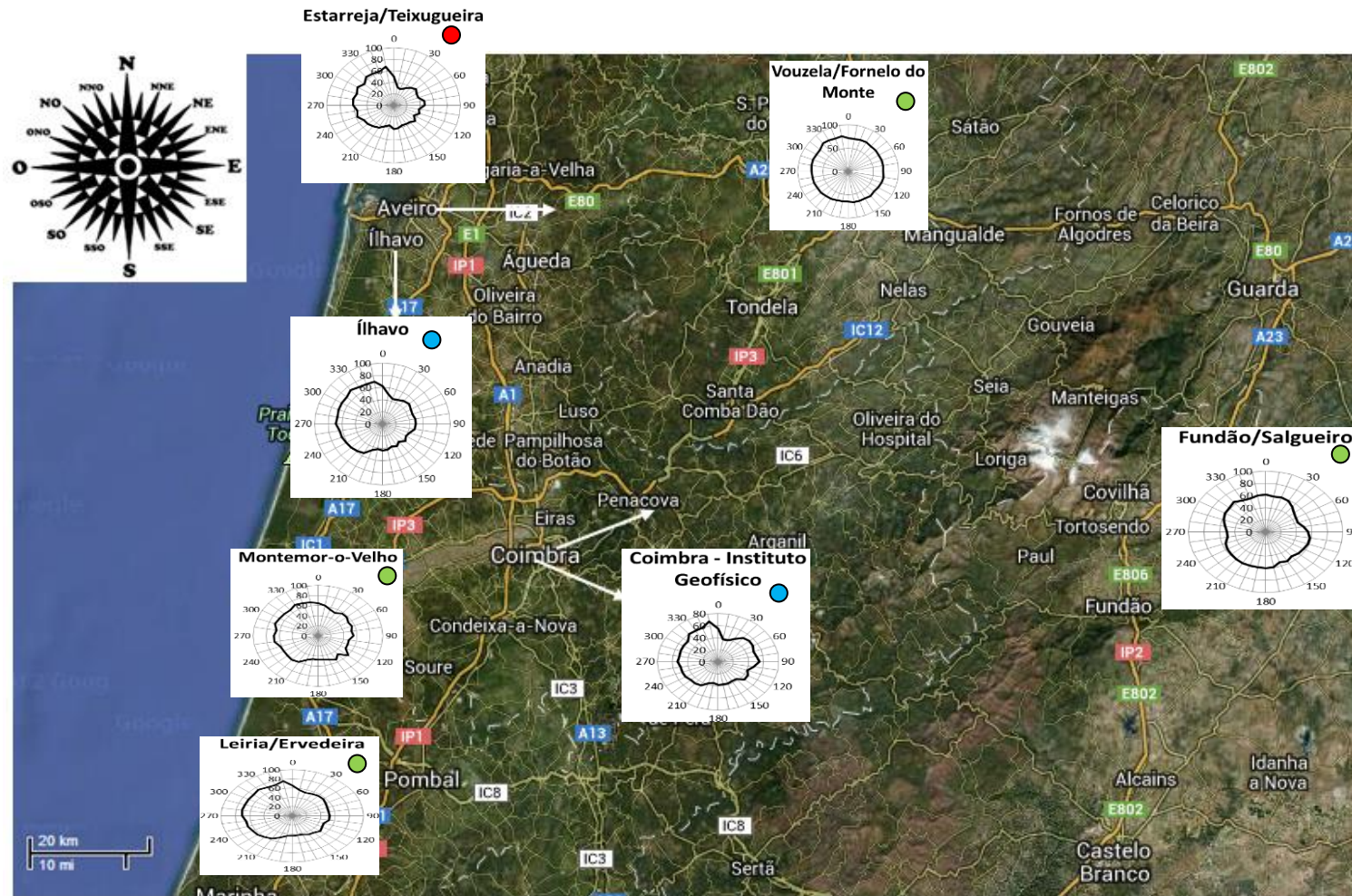
Relativamente às rosas de poluição de PM10, durante a estação de primavera-verão, Figura 28, constata-se que as concentrações de PM10 nas estações de monitorização de Estarreja/Teixugueira, Aveiro, Ílhavo, Coimbra (Instituto Geofísico e Avenida Fernão Magalhães) e Montemor-o-Velho têm um pico mais acentuado originário das massas de ar provenientes da direção SE, enquanto as estações de monitorização de Vouzela/Fornelo do Monte, Fundão/Salgueiro e Leiria/Ervedeira têm um pico das massas de ar procedentes de Este. Estes picos podem ser explicados pelo transporte de poeiras do deserto do Saara e Sahel, pela unidade cimenteira (estações de Coimbra) e pelo intenso tráfego nas autoestradas A1 e A24. Nas estações de monitorização da qualidade do ar de Estarreja/Teixugueira, Aveiro e Leiria/Ervedeira também é visível um pequeno pico proveniente das massas de ar de Oeste, podendo ser explicado pelo *spray* marinho transportado pelas massas de ar.

Na estação de outono-inverno (Figura 29), verifica-se que as concentrações de PM10 nas estações de monitorização de Estarreja/Teixugueira, Aveiro, Ílhavo e Leiria/Ervedeira procedentes das massas de ar provenientes da direção N-NE e SO-SE, enquanto as concentrações de PM10 nas estações de monitorização de Vouzela/Fornelo do Monte, Fundão/Salgueiro observam-se as maiores concentrações provenientes da direção N-NO e nas estações de Coimbra (Instituto Geofísico e Avenida Fernão Magalhães) e Montemor-o-Velho verifica-se um pico mais acentuado originário da direção N-NE e E-SE. Estes picos de produção podem ser explicados pela combustão residencial e pela unidade cimenteira (estações de Coimbra).





**Figura 30** - Concentração média do poluente  $O_3$  por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de primavera-verão de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

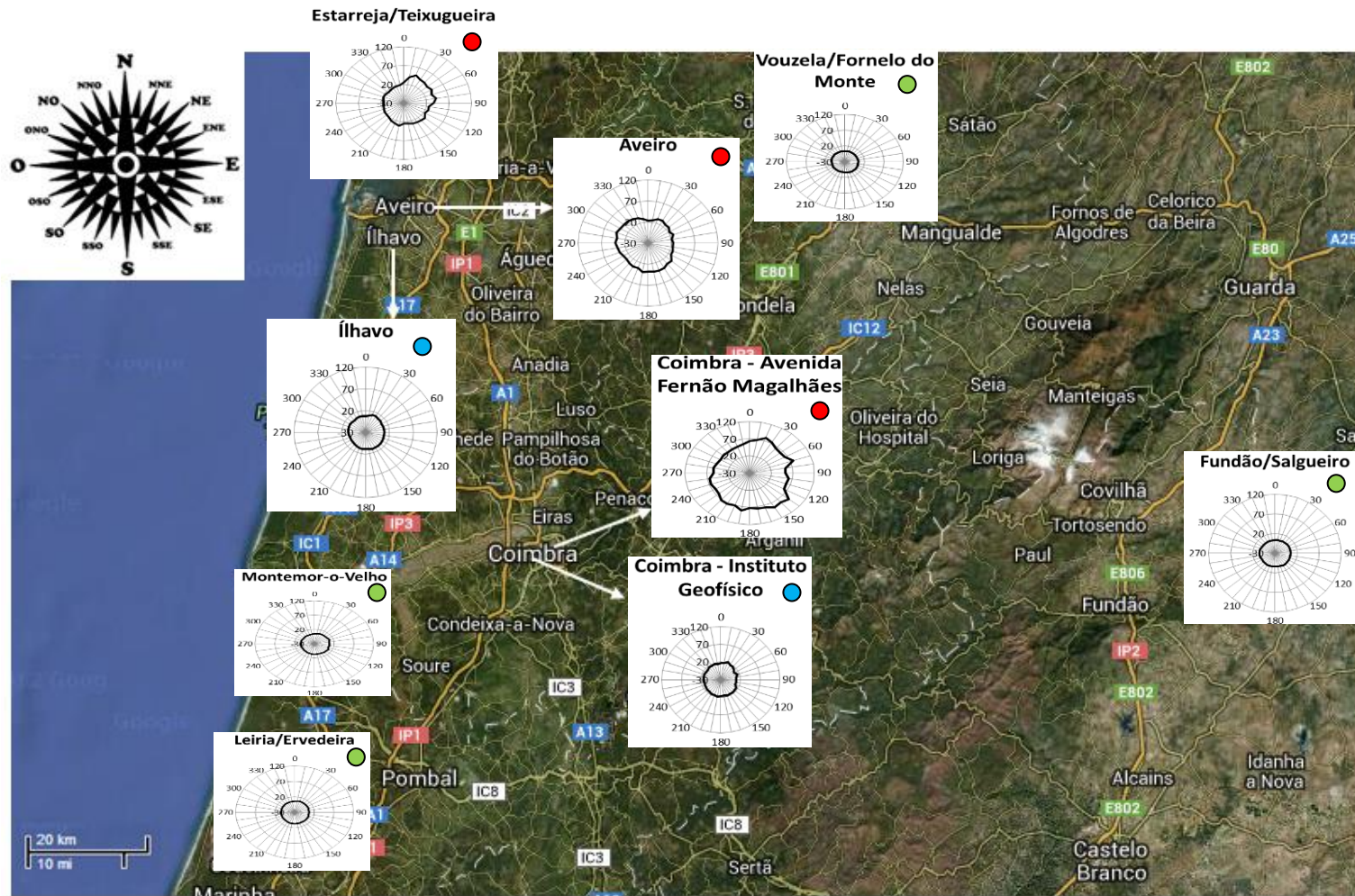


**Figura 31** - Concentração média do poluente O<sub>3</sub> por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de outono-inverno de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

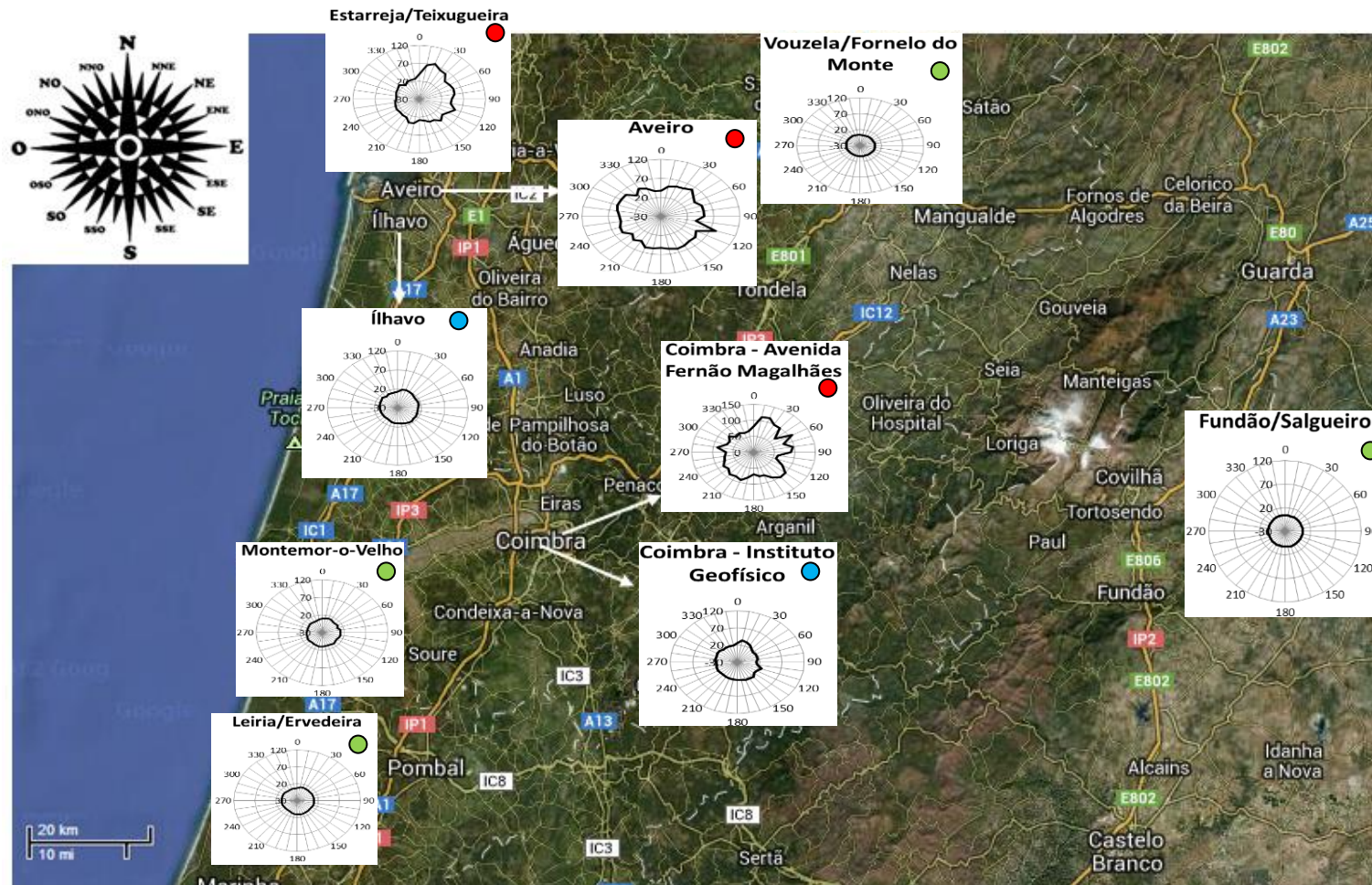
No que diz respeito à concentração do poluente O<sub>3</sub> (Figura 30), durante a estação de primavera-verão, esta é maior quando as massas de ar são provenientes da direção N-NO para as estações de monitorização de Estarreja/Teixugueira, Ílhavo, Montemor-o-Velho, Leiria/Ervedeira e Coimbra - Instituto Geofísico, enquanto nas estações de monitorização de Vouzela/Fornelo do Monte e Fundão/Salgueiro as concentrações de O<sub>3</sub> têm um pico mais acentuado quando o vento é proveniente da direção NE-E e E-SE. Estes picos podem ser explicados pelo transporte transfronteiriço do poluente (estações de Estarreja/Teixugueira, Ílhavo, Coimbra – Instituto Geofísico, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira) e pelo intenso tráfego nas autoestradas A24 e A23 (estações de Vouzela/Fornelo do Monte e Fundão/Salgueiro, respetivamente).

Durante a estação de outono-inverno, Figura 31, a concentração de O<sub>3</sub> é maior quando as massas de ar são provenientes da direção N-NO e O-SO para as estações de monitorização de Estarreja/Teixugueira, Ílhavo, Montemor-o-Velho, Fundão/Salgueiro e Leiria/Ervedeira, enquanto na estação de monitorização de Coimbra - Instituto Geofísico as concentrações de O<sub>3</sub> têm um pico mais acentuado proveniente da direção N-NE e Este. Estes picos podem ser explicados pelo transporte horizontal de massas de ar *offshore*, pela intrusão de ozono estratosférico (advecção ou transporte vertical) relacionado com condições de instabilidade atmosférica e pela unidade cimenteira (estação de Coimbra – Instituto Geofísico).

## Análise da Qualidade do Ar da Região Centro – Validação de Políticas



**Figura 32** - Concentração média do poluente NOx por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de primavera-verão de 2003-2011; o círculo verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais



**Figura 33** - Concentração média do poluente NOx por direção do vento nas estações de monitorização da qualidade do ar situadas na região Centro para a estação de outono-inverno de 2003-2011; o círculo a verde representa as estações rurais, o círculo azul as estações urbanas de fundo e o círculo vermelho representa as estações urbanas/industriais

Quanto à concentração de NO<sub>x</sub> (Figura 32), durante a estação de primavera-verão, verifica-se na estação de monitorização de Aveiro que esta é maior quando as massas de ar são provenientes da direção de NO-O, enquanto nas estações de monitorização de Estarreja/Teixugueira e Coimbra (Instituto Geofísico e Avenida Fernão Magalhães) demonstram um pico mais acentuado proveniente da direção NE-E. Estes picos podem ser explicados pelas massas de ar *offshore* (estação de Aveiro), unidades fabris e pelo intenso tráfego nas autoestradas A1, A24 e A23 (estações de Estarreja/Teixugueira, Ílhavo, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira, Vouzela/Fornelo do Monte e Fundão/Salgueiro, respetivamente).

Na estação de outono-inverno, Figura 33, constata-se que as concentrações de NO<sub>x</sub> nas estações de monitorização de qualidade do ar de Estarreja/Teixugueira, Aveiro e Coimbra (Instituto Geofísico e Avenida Fernão Magalhães) têm um pico mais acentuado originário das massas de ar provenientes da direção NE-E. Este pico pode ser explicado pelo intenso tráfego nas autoestradas A1 e A24 (estações de Estarreja/Teixugueira, Aveiro, Ílhavo, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira e Vouzela/Fornelo do Monte, respetivamente) e pela unidade cimenteira (estações de Coimbra).

#### **4.3.2 Correlação entre dados de qualidade do ar e dados meteorológicos**

Para analisar mais detalhadamente de que maneira a qualidade do ar é influenciada por fenómenos meteorológicos utilizou-se um teste estatístico. A Correlação de *Pearson* é uma análise estatística descritiva paramétrica, ou seja, pode aplicar-se a séries de dados longas, simplificando-a. É ideal utilizar testes paramétricos, uma vez que estes originam menos erros e são utilizados para verificar tendências. Existem dois tipos de correlação, a negativa (se uma variável aumenta, a outra diminui) e a positiva, porém a intensidade da relação é a mesma, apenas difere no sentido. Esta intensidade considera-se baixa se a correlação variar entre 0,100 e 0,290, média (entre 0,300 e 0,490) ou alta, se variar entre 0,500 e 1 (TABACHNICK E FIDELL, 2007; FIELD, 2009).

Todos os testes estatísticos têm subjacente uma hipótese nula ( $H_0$ ), onde não existem diferenças entre a distribuição em estudo e a distribuição normal teórica, isto é, que a distribuição da variável em estudo se ajusta à normalidade. O nível de significância ( $\alpha$ ) representa o erro de extrapolar a amostra para o universo em que se insere e encontra-se compreendido entre 0 e 1, sendo que 0 representa menor erro de assumir  $H_0$  enquanto 1 representa o maior erro de assumir a hipótese nula, isto é, quando  $\alpha < 0,050$  este corresponde a um nível de erro baixo, então rejeita-se  $H_0$ , logo é estatisticamente significativo. Também o *p-value*, ou nível descritivo (p), é de extrema importância, uma vez que representa a probabilidade de se obter um valor do teste estatístico igual ou mais distante do que o valor observado na amostra. Assim, rejeita-se a hipótese nula ( $H_0$ ), e a correlação

é estatisticamente significativa, se o *p-value* for menor que o nível de significância ( $\alpha = 0,050$ ), ou seja, se  $p < 0,050$  (TABACHNICK E FIDELL, 2007; FIELD, 2009).

De acordo com a análise qualitativa representada nas Figuras 26 e 28, e com o objetivo de efetuar uma análise quantitativa destes dados através de testes estatísticos, fez-se uma análise mais detalhada das correlações recorrendo ao *software* SPSS. No entanto, existem limitações na utilização deste teste estatístico, correlação bivariada de *Pearson*, tal como o facto da correlação apenas indicar se existe ou não uma relação linear entre as variáveis em estudo ou de existirem variáveis independentes que também podem ser variáveis dependentes. Este tipo de testes são utilizados para se poder analisar o que influencia o quê, porém, a correlação não indica causalidade só covariância (CHAVES *et al.*, 2000; TABACHNICK E FIDELL, 2007; FIELD, 2009).

Assim, como se pode verificar na Tabela 13, correlacionam-se diversas variáveis, através da correlação bivariada de *Pearson* (duas variáveis contínuas, numa escala de intervalo, e o coeficiente de correlação não distingue variável independente de dependente), com o intuito de compreender a interdependência entre os poluentes O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, o poluente O<sub>3</sub> com a temperatura e o poluente O<sub>3</sub> com a velocidade de vento registados nas estações meteorológicas próximas das estações de monitorização da qualidade do ar, visto terem apresentado menor dispersão na análise feita anteriormente (TABACHNICK E FIDELL, 2007; FIELD, 2009).

**Tabela 13** - Correlação bivariada de *Pearson* entre O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, temperatura e velocidade do vento, para as estações de monitorização da qualidade do ar localizadas na região Centro, para os anos em estudo

Estação de Monitorização de Qualidade do Ar	Correlação Bivariada de <i>Pearson</i>					
	O <sub>3</sub> vs NO <sub>x</sub>		O <sub>3</sub> vs Temperatura		O <sub>3</sub> vs Velocidade do vento	
	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)
Estarreja/Teixugueira	0,175	0,000	0,020	0,000	0,025	0,000
Vouzela/Fornelo do Monte	0,895	0,000	0,425	0,000	0,054	0,000
Fundão/Salgueiro	0,574	0,000	0,061	0,000	0,051	0,000
Ílhavo	0,174	0,000	-0,012	0,000	0,014	0,000
Montemor-o-Velho	0,859	0,000	-0,026	0,000	0,002	0,633
Leiria/Ervedeira	0,534	0,000	0,018	0,000	0,030	0,000
Coimbra – Instituto Geofísico	0,474	0,000	0,008	0,027	0,006	0,117

Através da análise da Tabela 13, e como seria de prever, verifica-se que é nas estações rurais (Vouzela/Fornelo do Monte, Fundão/Salgueiro, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira) que existe uma correlação positiva de intensidade alta entre o O<sub>3</sub> e o NO<sub>x</sub>. Isto pode ser explicado pelo transporte horizontal do precursor NO<sub>x</sub> das áreas urbanas para as áreas rurais, onde existem outros precursores (COVs), estando na origem do poluente O<sub>3</sub>. Assim, para todas as estações de

monitorização da qualidade do ar, verificou-se uma correlação positiva média e estatisticamente significativa, ou seja, à medida que a concentração de NOx aumenta, a concentração de O<sub>3</sub> presente na atmosfera aumenta.

Por outro lado, no que diz respeito aos parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento), nas estações de monitorização da qualidade do ar existe uma correlação positiva de intensidade baixa, à exceção das estações de monitorização de Ílhavo e Montemor-o-Velho que apresentam uma correlação negativa baixa com a temperatura, e as correlações são estatisticamente significativas. Nas estações de monitorização de Montemor-o-Velho e de Coimbra – Instituto Geofísico as correlações não são estatisticamente significativas, quando correlacionadas com a velocidade do vento. Apenas a estação de monitorização de Vouzela/Fornelo do Monte apresenta uma correlação positiva alta (0,425) com a temperatura, e as correlações são estatisticamente significativas. No entanto, seria de esperar que à medida que a temperatura aumentasse, a concentração de O<sub>3</sub> também aumentasse, visto a temperatura potenciar o mecanismo fotoquímico.

Apesar das baixas correlações, verifica-se que a temperatura tem maior influência sobre a concentração de O<sub>3</sub> nas estações rurais, enquanto a velocidade do vento tem mais influência nas estações localizadas perto da zona costeira.

Para compreender melhor a relação entre as concentrações de O<sub>3</sub> e NOx, correlacionou-se a influência do NOx várias horas antes na produção de O<sub>3</sub>, cf. Tabela 14. É de salientar que para este caso foram utilizados todos os dados disponíveis, inclusive as estações de monitorização da qualidade do ar que não obtiveram a taxa de eficiência legalmente estabelecida (> 85%).

**Tabela 14** - Influência da concentração de NOx registada várias horas antes nos valores registados de O<sub>3</sub> nas diferentes estações de monitorização da qualidade do ar através da correlação bivariada de *Pearson*, para os anos em estudo

Estação de Monitorização de Qualidade do Ar	O <sub>3</sub> vs NOx		O <sub>3</sub> vs NOx (01 horas antes)		O <sub>3</sub> vs NOx (02 horas antes)		O <sub>3</sub> vs NOx (03 horas antes)	
	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)
Estarreja/Teixugueira	0,175	0,000	0,163	0,000	0,155	0,000	0,151	0,000
Vouzela/Fornelo do Monte	0,895	0,000	0,891	0,000	0,888	0,000	0,886	0,000
Fundão/Salgueiro	0,574	0,000	0,567	0,000	0,562	0,000	0,558	0,000
Ílhavo	0,174	0,000	0,172	0,000	0,173	0,000	0,173	0,000
Montemor-o-Velho	0,859	0,000	0,858	0,000	0,857	0,000	0,857	0,000
Leiria/Ervedeira	0,534	0,000	0,520	0,000	0,510	0,000	0,508	0,000
Coimbra – Instituto Geofísico	0,474	0,000	0,454	0,000	0,443	0,000	0,436	0,000



De acordo com a Tabela 14, pode concluir-se que o NOx, sendo um precursor na formação do O<sub>3</sub>, influencia diretamente a sua produção. Verifica-se uma melhor correlação entre a concentração de O<sub>3</sub> e a concentração de NOx para a mesma hora, porque enquanto a concentração de NOx diminui, a concentração de O<sub>3</sub> aumenta. Note-se que praticamente todas as estações de monitorização da qualidade do ar apresentaram uma correlação positiva média e p=0,000, ou seja, as correlações são estatisticamente significativas e a concentração de NOx produzido na mesma hora afeta a concentração de O<sub>3</sub> presente na atmosfera. É importante referir que é nas estações rurais que existe uma maior correlação devido ao intenso tráfego nas autoestradas A1, A24 e A23 (estações de Montemor-o-Velho, Leiria/Ervedeira, Vouzela/Fornelo do Monte e Fundão/Salgueiro, respetivamente). As horas anteriores apresentam uma correlação cada vez menor com as concentrações de O<sub>3</sub> à medida que se distanciam no tempo.

Com o intuito de analisar a interdependência entre os poluentes PM10 e NOx, o poluente PM10 com a temperatura e o poluente PM10 com a velocidade de vento observados nas estações meteorológicas próximas das estações de monitorização da qualidade do ar, tornou-se pertinente analisar a correlação bivariada de *Pearson* (Tabela 15).

**Tabela 15** - Correlação bivariada entre PM10 e NOx, temperatura e velocidade do vento, para as estações de monitorização da qualidade do ar localizadas na região Centro, para os anos em estudo

Estação de Monitorização de Qualidade do Ar	Correlação Bivariada de <i>Pearson</i>					
	PM10 vs NOx		PM10 vs Temperatura		PM10 vs Velocidade do vento	
	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)	Correlação (r)	Nível Descritivo (p)
Estarreja/Teixugueira	0,386	0,000	0,015	0,000	0,006	0,000
Vouzela/Fornelo do Monte	0,243	0,000	0,354	0,000	-0,101	0,000
Fundão/Salgueiro	0,590	0,000	0,056	0,000	0,053	0,000
Aveiro	0,359	0,000	0,013	0,000	0,017	0,000
Ílhavo	0,472	0,000	0,062	0,000	0,099	0,000
Montemor-o-Velho	0,865	0,000	-0,028	0,000	-0,002	0,663
Leiria/Ervedeira	0,526	0,000	-0,022	0,000	0,006	0,115
Coimbra – Avenida Fernão Magalhães	0,591	0,000	-0,271	0,000	-0,266	0,000
Coimbra – Instituto Geofísico	0,452	0,000	0,081	0,000	0,083	0,000

Através da Tabela 15, verifica-se que as correlações são estatisticamente significativas e à medida que a concentração de NOx aumenta, a concentração de PM10 também aumenta. As correlações são maiores nas estações de Montemor-o-Velho, Coimbra – Avenida Fernão Magalhães e Leiria/Ervedeira, o que pode ser explicado por fenómenos de ressuspensão e tráfego intenso da autoestrada A1. No entanto, nas estações urbanas também se verifica uma correlação

positiva média que poderá ser devido a um de vários fatores: tráfego intenso das cidades, transporte de aerossóis marinhos (*spray marinho*) e proximidade de unidades fabris.

Relativamente à temperatura e velocidade do vento, nas estações de monitorização da qualidade do ar existe uma correlação positiva estatisticamente significativa de intensidade baixa, com a exceção da estação de monitorização de Vouzela/Fornelo do Monte. Seria de esperar que à medida que a velocidade do vento aumentasse, que a concentração de PM10 também aumentasse.

Assim os parâmetros meteorológicos analisados revelam ter pouca influência sobre a concentração de PM10 presente na atmosfera. No entanto, esta pode ser um pouco mais relevante nas estações afastadas do litoral, visto serem zonas mais áridas, facilitando a ressuspensão e tornando as condições mais favoráveis à deflagração/propagação de incêndios florestais. Apenas a estação de Vouzela/Fornelo do Monte apresenta uma correlação positiva de intensidade alta para a temperatura.

Os resultados obtidos na correlação bivariada de *Pearson* não são concordantes com os dados obtidos durante a análise qualitativa, o que se pode dever ao facto de serem muitos dados de monitorização da qualidade do ar e meteorológicos para tratar.

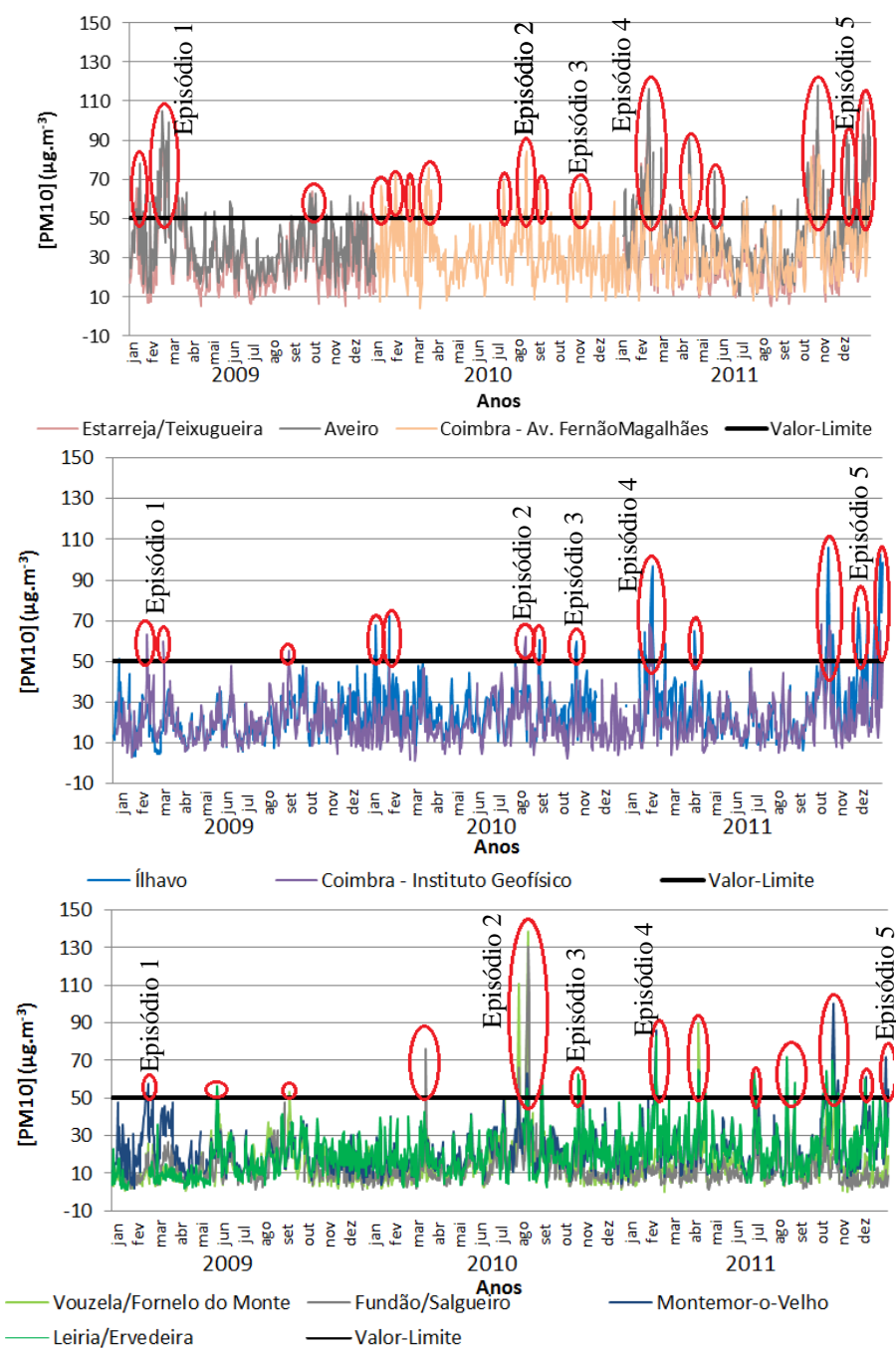
Apesar dos parâmetros meteorológicos não influenciarem diretamente a concentração dos poluentes na atmosfera, estes têm influência nas condições meteorológicas (períodos de seca ou ondas de calor) que, por sua vez, influenciam os fenómenos naturais (incêndios florestais e transporte de partículas das regiões secas de África), sendo por isso relevante analisar a sua relação com alguns episódios de poluição que ocorreram durante o período de estudo.

#### **4.4 Análise de episódios de poluição**

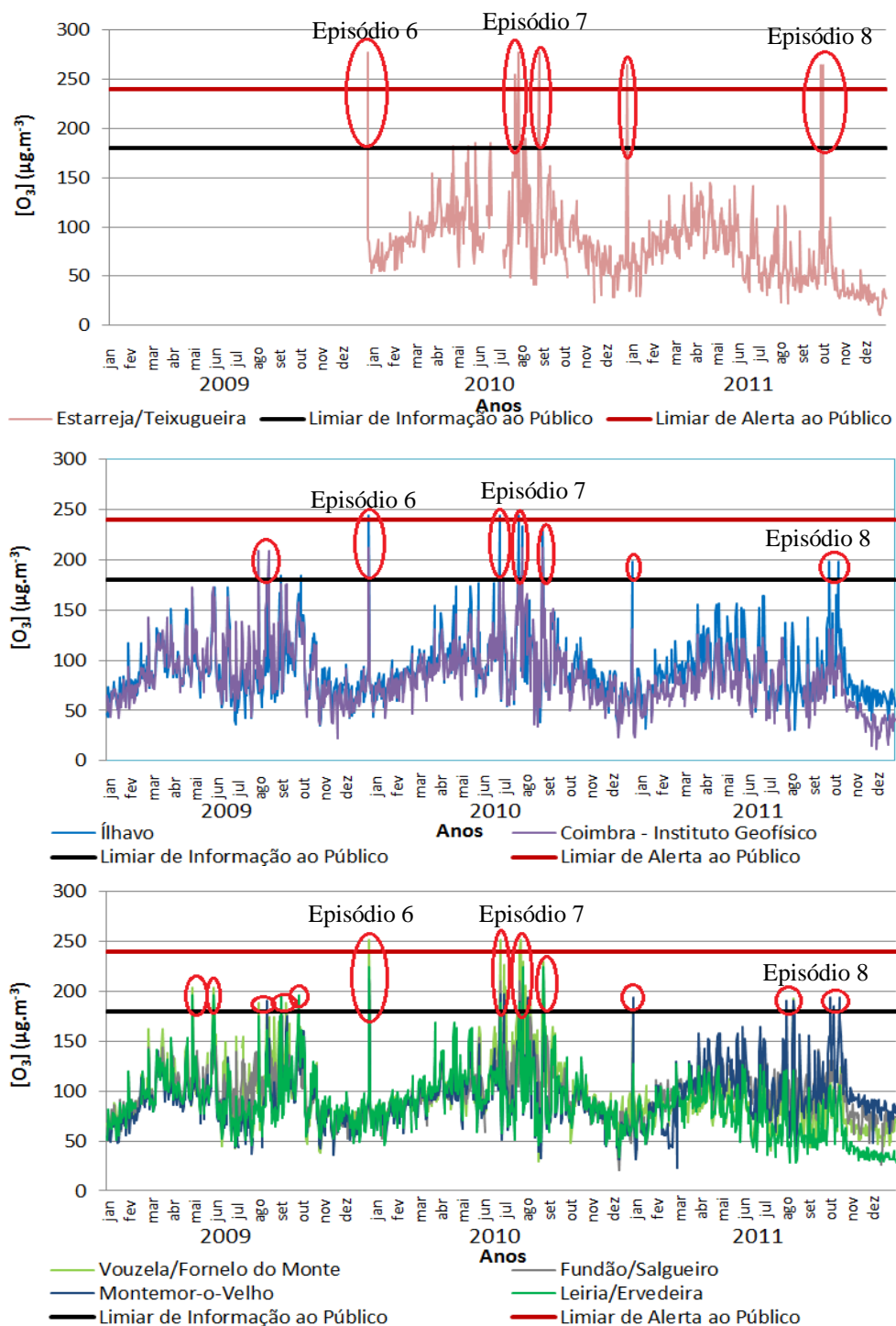
Durante os nove anos em estudo (2003 a 2011), de acordo com a Tabela 7, e considerando apenas os anos em que se obteve a taxa mínima de eficiência legalmente estabelecida (85%), verificou-se a ocorrência de excedências aos valores impostos pela legislação (Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro) para PM10 (Valor-Limite diário de 50  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) e O<sub>3</sub> (Limiar de Informação ao Público, de 180  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  e Limiar de Alerta ao Público, de 240  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) nas estações de monitorização da qualidade do ar da região Centro (PM10 - Figuras 11, 12 e 13). Foram selecionados alguns episódios para os poluentes PM10 e O<sub>3</sub> com o objetivo de identificar as possíveis causas/origens das elevadas concentrações registadas.

A seleção dos episódios foi baseada na análise da evolução temporal das concentrações de PM10 e O<sub>3</sub> registadas na rede de monitorização da região Centro, focando os últimos três anos de estudo (2009 a 2011), uma vez que os anos anteriores já foram analisados em estudos anteriores (e.g. FIGUEIREDO, 2011). As concentrações registadas, a duração e a altura do ano em que ocorreram os episódios, e o número e tipo de estações de monitorização da qualidade do ar onde as

excedências se registaram em simultâneo foram os critérios que estiveram na base da seleção dos episódios de poluição. Os períodos identificados estão assinalados nas Figuras 34 e 35.



**Figura 34** – Evolução temporal das concentrações médias diárias de PM10 nas estações de monitorização da qualidade do ar urbanas/industriais, urbanas de fundo e rurais e identificação dos períodos em que o VL diário foi ultrapassado



**Figura 35** – Evolução temporal das concentrações máximas diárias de  $O_3$  nas estações de monitorização da qualidade do ar urbanas/industriais, urbanas de fundo e rurais e identificação dos períodos em que o Limiar de Informação e de Alerta ao Público foram ultrapassados

De acordo com a Figura 34, os episódios de PM<sub>10</sub> selecionados para análise detalhada foram:

- Episódio 1: 20 e 21 de fevereiro de 2009, registaram-se excedências nas estações de monitorização da qualidade do ar de Aveiro, Estarreja/Teixugueira e Coimbra – Avenida Fernão Magalhães para o poluente PM<sub>10</sub>.
- Episódio 2: 27 a 30 de julho de 2010, registaram-se excedências nas estações de monitorização da qualidade do ar de Vouzela/Fornelo do Monte, Fundão/Salgueiro e Coimbra – Avenida Fernão Magalhães para o poluente PM<sub>10</sub>.
- Episódio 3: de 15 a 19 de dezembro de 2010, registaram-se excedências na estação de monitorização da qualidade do ar de Estarreja/Teixugueira para o poluente PM<sub>10</sub>.
- Episódio 4: 5 e 6 de fevereiro de 2011, foram registadas excedências para o poluente PM<sub>10</sub> nas estações de monitorização da qualidade do ar de Aveiro, Ílhavo, Coimbra – Avenida Fernão Magalhães e Estarreja/Teixugueira.
- Episódio 5: de 26 a 31 de dezembro de 2011, registaram-se excedências nas estações de monitorização da qualidade do ar de Aveiro, Ílhavo, Montemor-o-Velho, Coimbra – Avenida Fernão Magalhães e Estarreja/Teixugueira para o poluente PM<sub>10</sub>.

Os episódios de O<sub>3</sub> (Figura 35) selecionados para análise detalhada foram:

- Episódio 6: 11 e 12 de agosto de 2009, registaram-se excedências nas estações de monitorização da qualidade do ar de Vouzela/Fornelo do Monte e Montemor-o-Velho para o poluente O<sub>3</sub>.
- Episódio 7: 27 e 28 de julho de 2010, foram registadas excedências para o poluente O<sub>3</sub> em Vouzela/Fornelo do Monte, Estarreja/Teixugueira e Leiria/Ervedeira;
- Episódio 8: 29 e 30 de agosto de 2010, registaram-se excedências nas estações de monitorização da qualidade do ar de Vouzela/Fornelo do Monte, Estarreja/Teixugueira e Leiria/Ervedeira para o poluente O<sub>3</sub>.

Para identificar a causa/origem dos episódios de poluição, as concentrações horárias dos poluentes em estudo foram analisados em conjunto com parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento), com o intuito de compreender melhor a influência das condições meteorológicas nas concentrações registadas. Foram utilizados os dados meteorológicos disponibilizados pelo NOAA com base na proximidade das estações de monitorização da qualidade do ar (URL9), como se verifica na Figura 26.

De forma a complementar a análise dos episódios e a averiguar a potencial contribuição dos eventos naturais para a ocorrência de excedências, procedeu-se, para cada dia do episódio, à:

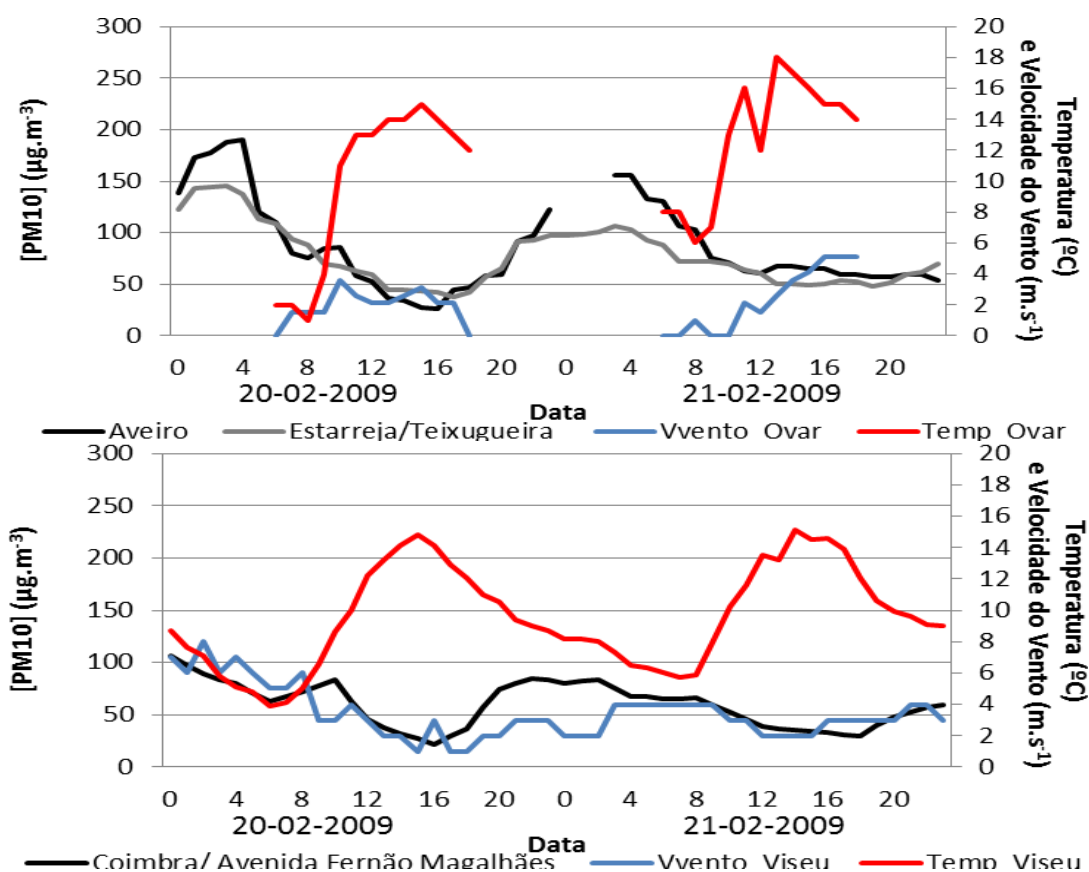
- identificação/confirmação dos casos de transporte de partículas provenientes dos desertos do Norte de África (Saara e Sahel), a partir dos mapas de índice de aerossóis fornecidas pelo

modelo BSC-DREAM8b (*Dust REgional Atmospheric Model*), desenvolvido e operacionalizado pelo *Barcelona Supercomputing Center* (BSC), e que descreve o ciclo de vida das partículas (produção, difusão, advecção e remoção) (URL 12), bem como a análise das várias estações de monitorização da qualidade do ar para verificar se houve um aumento generalizado das concentrações.

- identificação das ocorrências de incêndios florestais, através da georreferenciação dos incêndios eventualmente registados nesses períodos (URL11);

- ❖ Episódio 1 – 20 e 21 de fevereiro de 2009 (PM10)

A Figura 37 apresenta da concentração de PM10 na atmosfera e a evolução dos parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) no período em análise.



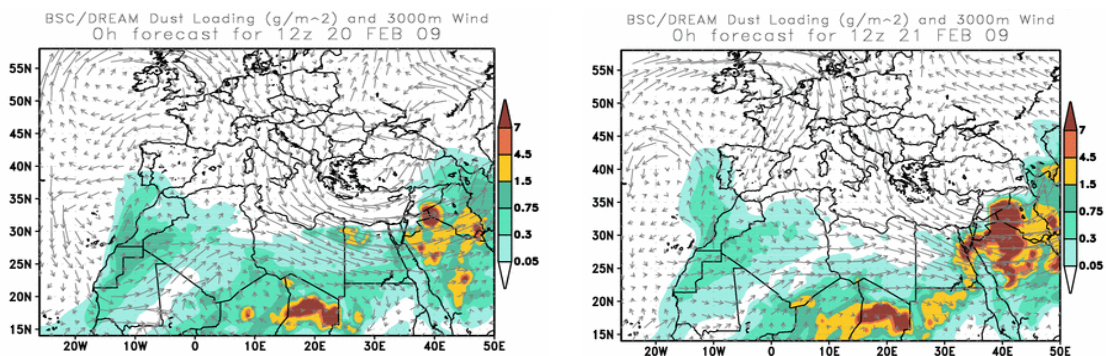
**Figura 36** - Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 20 e 21 de fevereiro de 2009

A observação da Figura 36 permite verificar que as concentrações de PM10 aumentam nas várias estações durante o período noturno, em particular entre as 18 e as 3 horas da manhã. O facto de se estar no inverno e de se verificar uma diminuição da temperatura do ar, durante o entardecer e

noite, reforça a hipótese da contribuição das emissões residenciais (por exemplo provenientes das combustão de lenhas em lareiras) aliadas a situações de estagnação atmosférica.

No que diz respeito à velocidade do vento, pode constatar-se que quando os valores de velocidade do vento são mais baixos, as concentrações de PM10 registadas são maiores, facto que comprova o pressuposto das condições não favoráveis à dispersão dos poluentes devido a possíveis fenómenos de inversão térmica, com a exceção da estação de Coimbra – Avenida Fernão Magalhães. Relativamente à direção do vento, devido à falta de dados registados durante o episódio 1 não é possível efetuar uma análise da sua influência.

Na Figura 37, observa-se algum transporte de partículas provenientes das regiões secas de África, podendo assim haver uma contribuição de eventos naturais durante este episódio.

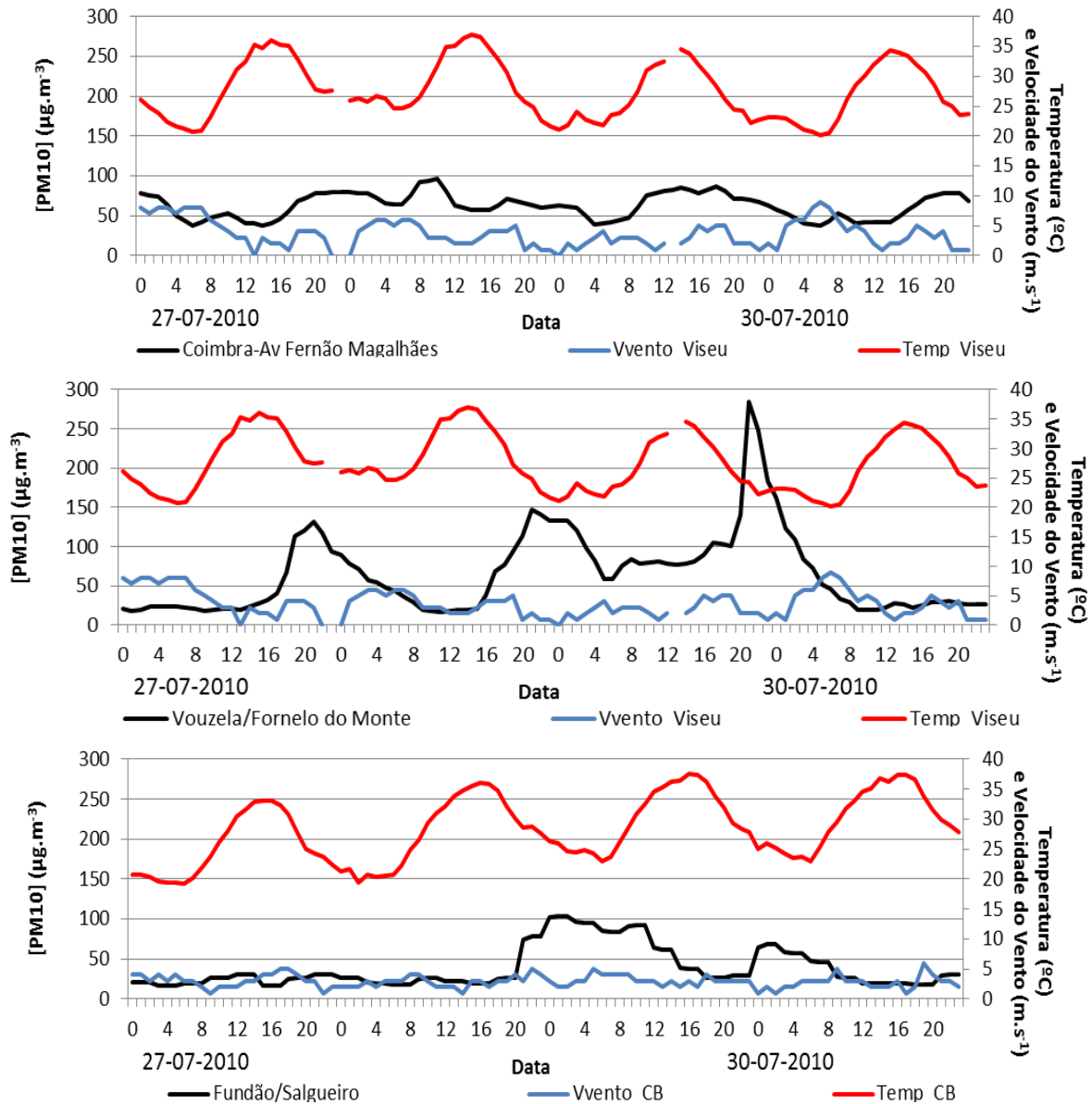


**Figura 37** - Índice de aerossóis fornecido pelo modelo BSC-DREAM8b durante o episódio 1 (URL12)

De acordo com a Figura 36, pode concluir-se que os fenómenos de inversão térmica, possivelmente associadas às baixas temperaturas e deficientes condições de dispersão, bem como a combustão de biomassa no sector doméstico, têm influência nas concentrações de PM10. Poderá também existir contribuição do transporte de partículas das regiões secas do Norte de África.

❖ Episódio 2 – 27 a 30 de julho de 2010 (PM10)

É visível, na Figura 38, a evolução da concentração de PM10 na atmosfera e dos parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) no período em análise.



**Figura 38** - Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 27 a 29 de julho de 2010

Atendendo à Figura 38, verifica-se que quando a velocidade do vento aumenta, as concentrações de PM10 registadas diminuem, o que pode confirmar a hipótese da influência do transporte horizontal, bem como a influência de unidades fabris, do tráfego intenso que se verifica nas autoestradas (A1, A23 e A24). Relativamente à direção do vento, devido à falta de dados registados durante o episódio 2 não é possível efetuar uma análise da sua influência. Nas estações de monitorização rurais, Vouzela/Fornelo do Monte e Fundão/Salgueiro, verifica-se que as concentrações de PM10 são mais elevadas, quando a temperatura registada é mais baixa.



Neste período verifica-se ainda a existência de incêndios (Figura 39), que ocorreram devido às condições favoráveis à sua deflagração e propagação, e do transporte de partículas do norte de África (Figura 40).

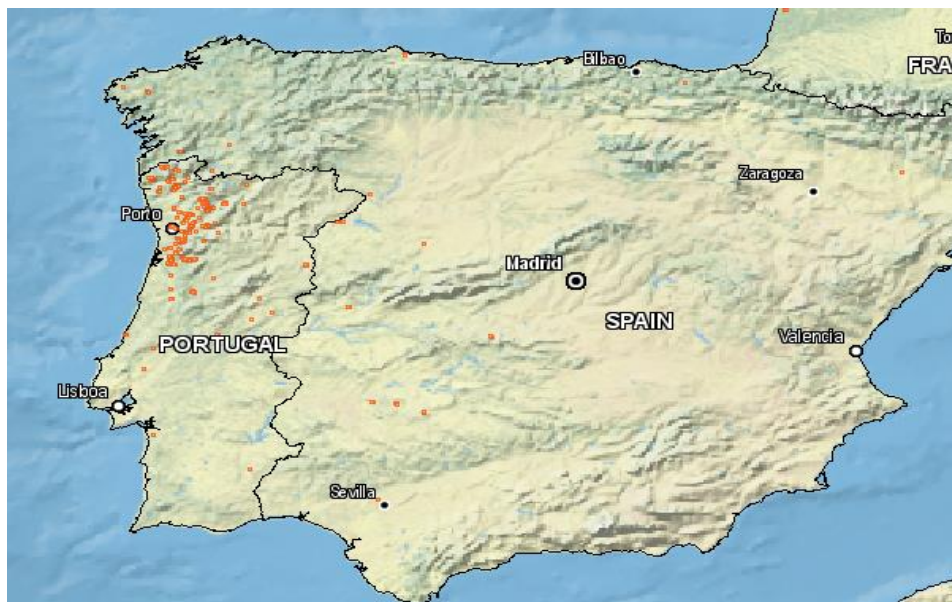


Figura 39 - Localização dos incêndios ocorridos em Portugal Continental no período de 27 a 30 de julho de 2010 (URL11)

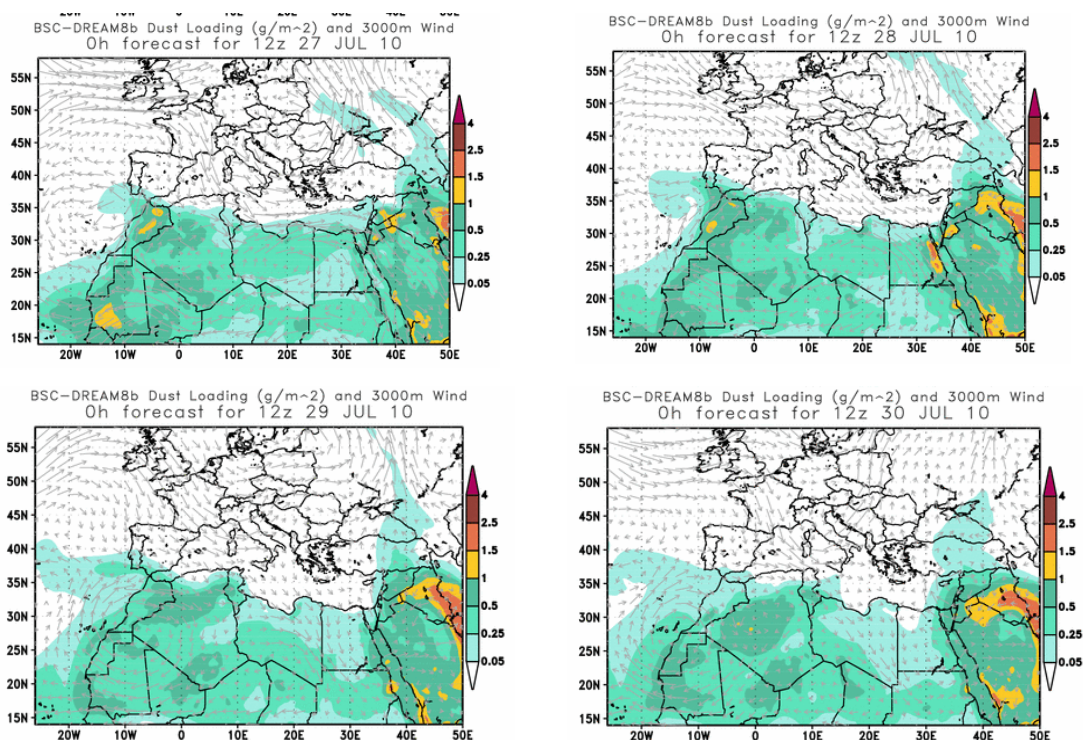


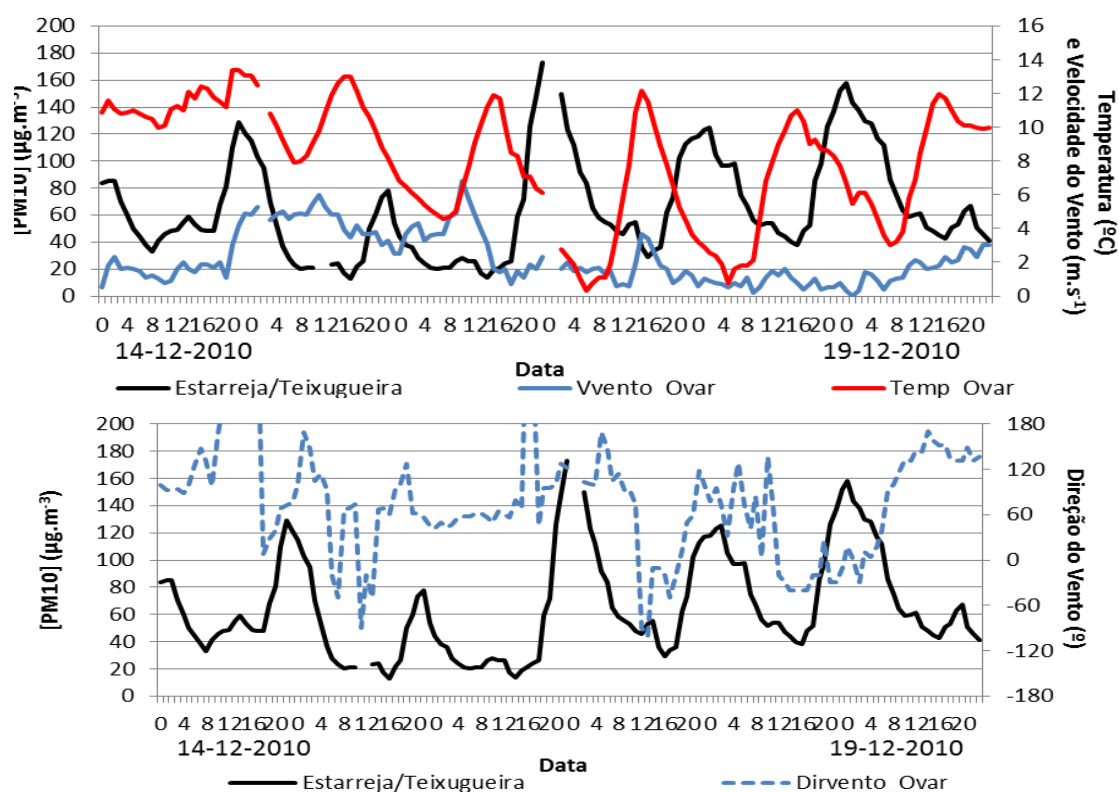
Figura 40 - Índice de aerossóis fornecido pelo modelo BSC-DREAM8b durante o episódio 2 (URL12)

Nas Figuras 39 e 40, verifica-se que as concentrações de PM10 registadas sofreram alguma influência de fenómenos naturais no período em que ocorreu o episódio de poluição por parte deste poluente.

De acordo com o IPMA, durante o intervalo de 24 a 31 de julho verificou-se uma onda de calor que afetou uma vasta área de Portugal Continental, incluindo a região Centro (URL7). Assim, de acordo com a Figura 38, pode concluir-se que as temperaturas elevadas e os incêndios poderão ter tido influência nas concentrações de PM10, dependendo do transporte de partículas de zonas secas do Norte de África, influenciado pela velocidade do vento.

❖ Episódio 3 – 14 a 19 de dezembro de 2010 (PM10)

A Figura 41 apresenta a influência da concentração de PM10 na estação de Estarreja/Teixugueira e dos parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento) no período em análise.



**Figura 41** - Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento) medidos nos dias 14 a 19 de dezembro de 2010

A análise da Figura 41 permite verificar que as concentrações de PM10 na estação de Estarreja/Teixugueira aumentam nas estações de monitorização durante a noite. Devido ao facto de ser inverno e de as temperaturas diminuírem durante o final de tarde e noite, corrobora a hipótese

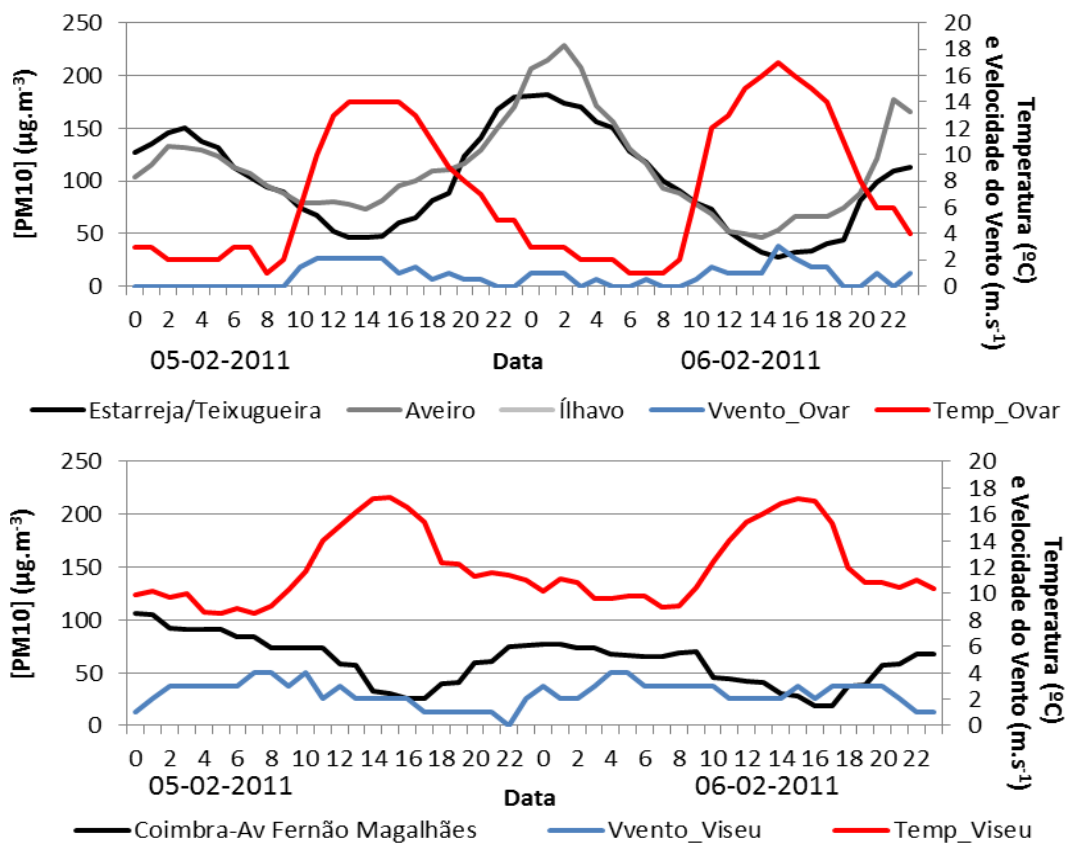
da contribuição das emissões residenciais (por exemplo provenientes das combustão de biomassa) associada a situações de estagnação atmosférica. No que diz respeito à velocidade do vento, pode constatar-se que quando os valores de velocidade do vento são mais baixos, as concentrações de PM10 registadas são mais elevadas, facto que pode comprovar o pressuposto das condições não favoráveis à dispersão dos poluentes.

Relativamente à direção do vento, é possível verificar-se que as massas de ar provenientes de S-SE são dominantes neste episódio, o que pode comprovar a hipótese da influência de unidades fabris, do tráfego rodoviário e da combustão de biomassa no sector residencial.

De acordo com o Boletim Climatológico Mensal do IPMA, durante o período do episódio, verificou-se uma descida gradual da temperatura e o céu esteve em geral pouco nublado (URL7).

❖ Episódio 4 – 5 a 6 de fevereiro de 2011 (PM10)

A Figura 42 apresenta a evolução da concentração de PM10 na atmosfera e dos parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) no período em análise.



**Figura 42** - Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 5 a 6 de fevereiro de 2011

Através da Figura 42, pode verificar-se que quando a temperatura diminui durante o entardecer e noite, as concentrações de PM10 são mais elevadas, corroborando a hipótese da influência da

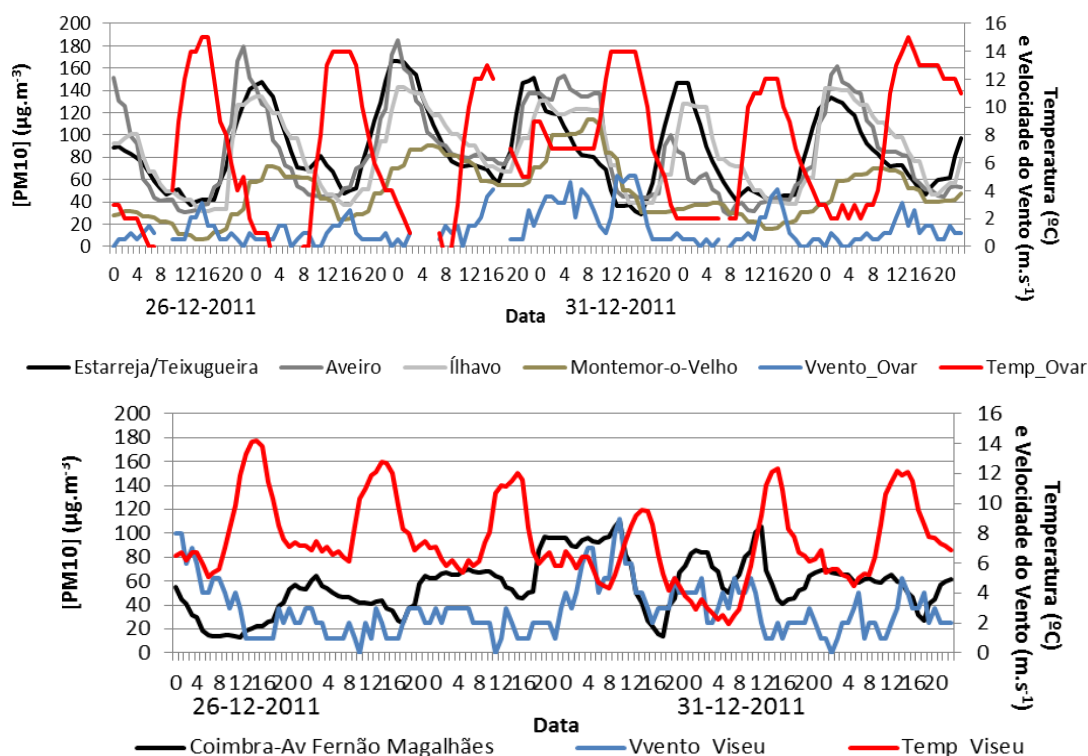
combustão de biomassa no sector doméstico associada a condições meteorológicas de estagnação. No que diz respeito à velocidade do vento, verifica-se que quando os valores de velocidade do vento são baixos, as concentrações de PM10 registadas aumentam, facto que pode confirmar a suposição das condições meteorológicas não favoráveis à dispersão dos poluentes. Relativamente à direção do vento, devido à falta de dados registados durante o episódio 4, não é possível efetuar uma análise da sua influência na concentração de PM10.

O Boletim Climatológico Mensal do IPMA indica que nos dias 5 e 6 de fevereiro de 2011 se verificou céu pouco nublado, geadas e nevoeiro persistente nos vales (URL7).

Assim, segundo a Figura 42, pode concluir-se que as baixas temperaturas, associadas à possível combustão de biomassa no sector doméstico, têm influência nas concentrações de PM10, dependendo da sua dispersão, não se verificando a influência de incêndios florestais ou transporte de poeiras das regiões secas do Norte de África.

❖ Episódio 5 – 26 a 31 de dezembro de 2011 (PM10)

Na Figura 43 apresenta-se a evolução da concentração de PM10 e dos parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) no período em análise.



**Figura 43 -** Concentrações horárias de PM10 e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 26 a 31 de dezembro de 2011

Atendendo à Figura 43, pode concluir-se que as concentrações de PM10 aumentam nas estações de Estarreja/Teixugueira, Aveiro, Ílhavo e Montemor-o-Velho durante o período noturno, quando a

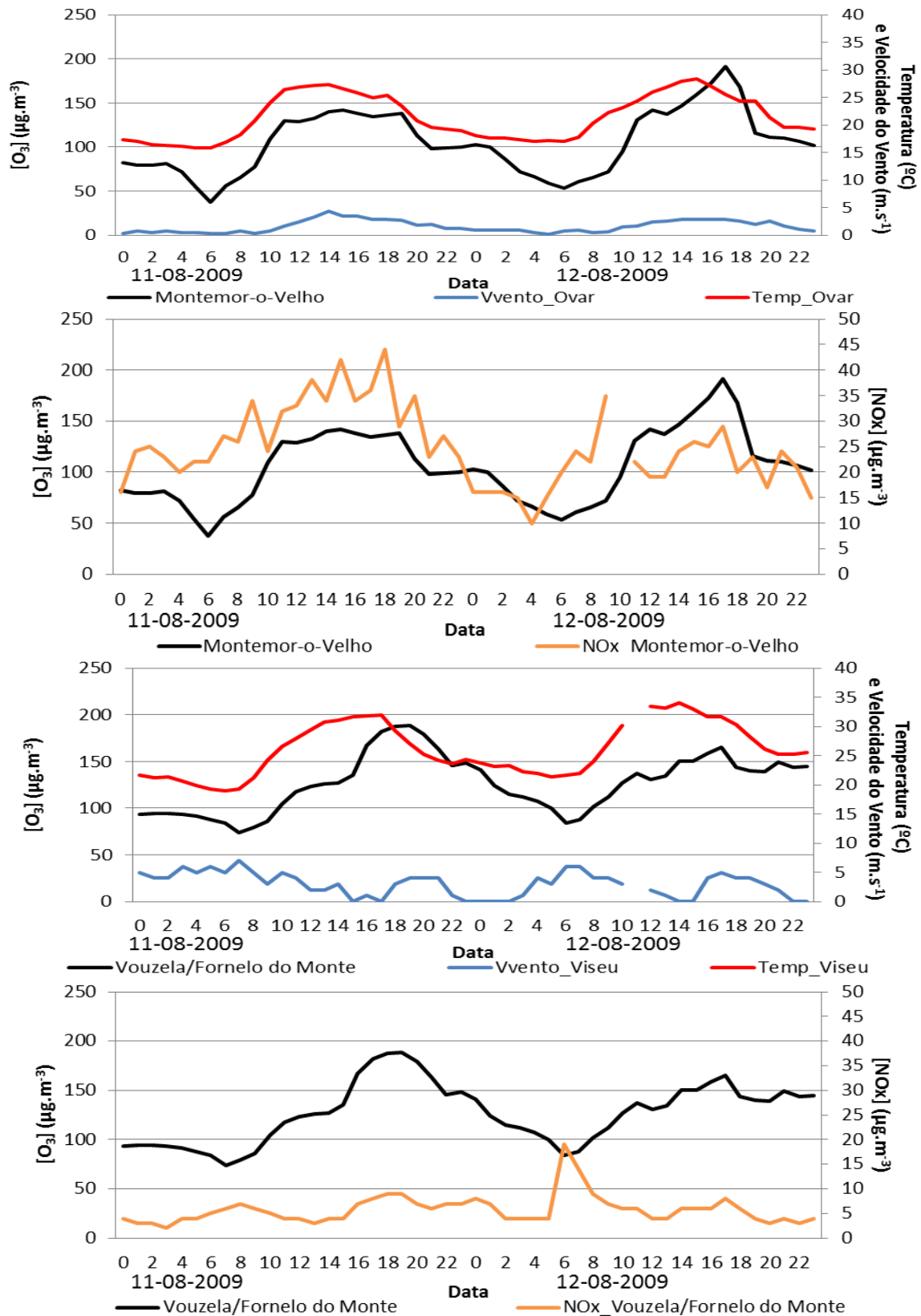
temperatura diminui, corroborando a hipótese da influência da contribuição das emissões residenciais, situação que é agravada no inverno. No que diz respeito à velocidade do vento, pode constatar-se que quando os valores de velocidade do vento são mais baixos, as concentrações de PM10 registadas são mais elevadas, facto que permite confirmar a hipótese das situações de estagnação atmosférica, não favoráveis à dispersão dos poluentes. Relativamente à direcção do vento, devido à falta de dados registados, não foi possível elaborar uma análise da sua influência nas concentrações de PM10. Por outro lado, a estação de monitorização de Coimbra – Avenida Fernão Magalhães apresenta um comportamento diferente, uma vez que se verificam as concentrações mais elevadas com a velocidade do vento mais elevadas, o que pode corroborar a hipótese de transporte horizontal de PM10.

Segundo o Boletim Climatológico Mensal do IPMA, durante o episódio 5 verificou-se tempo seco e frio, nevoeiro e formação de geada, tendo sido classificado como seco a muito seco (URL7).

De acordo com a Figura 43, pode concluir-se que as baixas temperaturas, e a possível combustão de biomassa para aquecimento, têm influência nas concentrações de PM10. Assim sendo não se verificou influência por parte dos eventos naturais.

❖ Episódio 6 –11 e 12 de agosto de 2009 (O<sub>3</sub>)

Verifica-se na Figura 44 a evolução da concentração de O<sub>3</sub>, no episódio 6, na atmosfera e dos parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento).



**Figura 44** - Concentrações horárias de O<sub>3</sub>, NOx e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 11 e 12 de agosto de 2009

A partir da Figura 44, conclui-se que os picos de concentração de ozono coincidem com os períodos de temperatura mais elevada, sendo a semelhança destas duas curvas muito próxima. No que diz respeito à velocidade do vento, esta tem valores tão baixos que não há condições para a dispersão de O<sub>3</sub>, explicando as concentrações registadas.

Relativamente às concentrações de O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, verifica-se que na estação de monitorização de Montemor-o-Velho têm curvas semelhantes, estas podem ser explicadas pelas unidades fabris e pelo intenso tráfego nas autoestradas A1 e A24 (estações de Montemor-o-Velho e Vouzela/Fornelo do Monte, respetivamente). Por outro lado, na estação de Vouzela/Fornelo do Monte é possível existirem unidades fabris na proximidade da estação de monitorização da qualidade do ar. Este facto, bem como a presença de percussores e as elevadas temperaturas, reforça a importância dos processos fotoquímicos neste episódio.

Segundo o IPMA, de 11 a 19 de agosto verificou-se uma onda de calor, que afetou principalmente as regiões do interior Norte e Centro (URL7).

Durante o episódio 6 não se verificou nenhum incêndio florestal. Assim, de acordo com a Figura 44, pode concluir-se que as temperaturas elevadas influenciaram as concentrações de O<sub>3</sub>, sendo um episódio de poluição fotoquímica, e que não houve influência de eventos naturais durante o episódio.

❖ Episódio 7 – 27 e 28 de julho de 2010 (O<sub>3</sub>)

A Figura 45 expõe a evolução da concentração de O<sub>3</sub> na atmosfera e dos parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento) durante o episódio em análise.

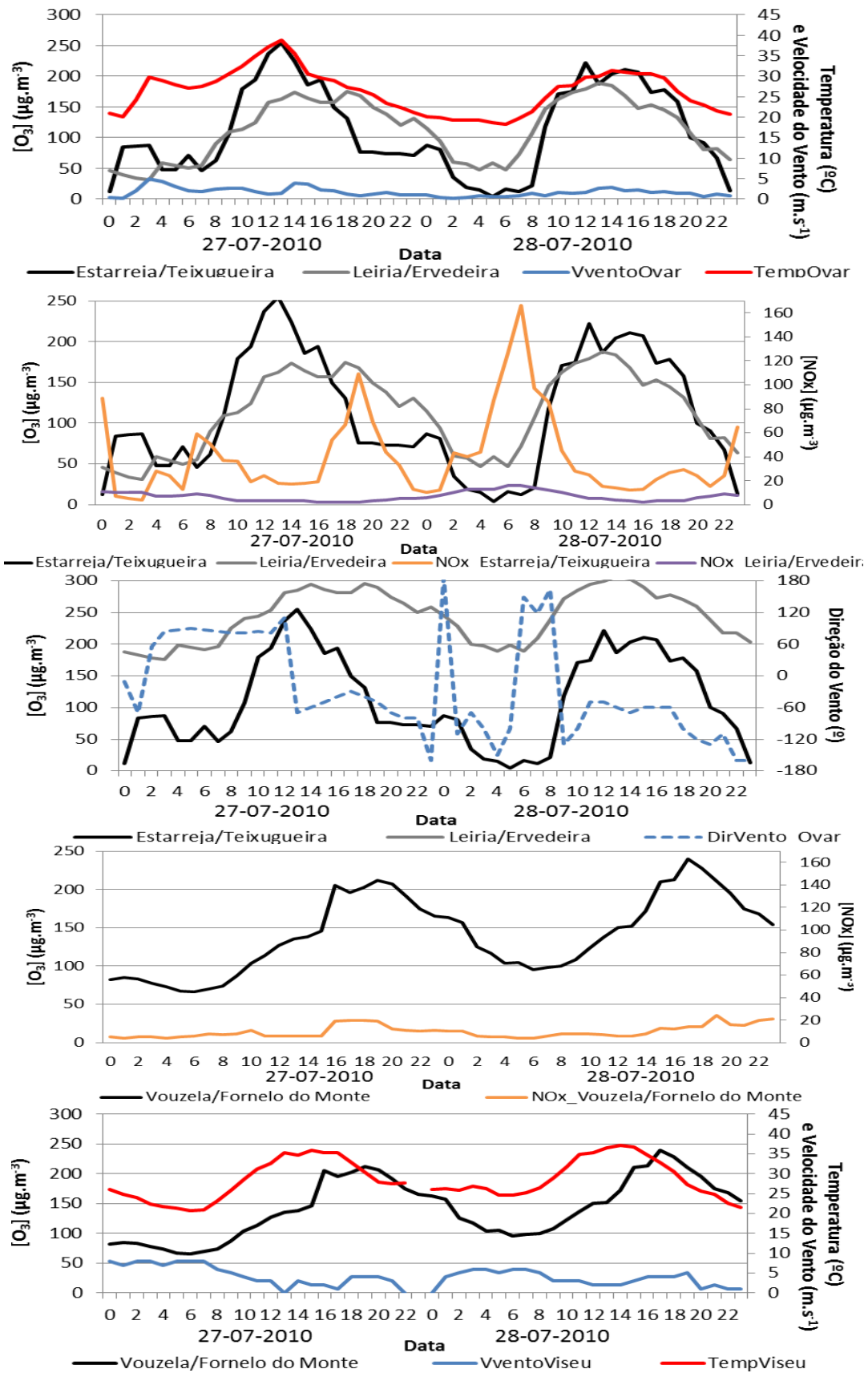


Figura 45 - Concentrações horárias de  $O_3$ ,  $NO_x$  e parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento) medidos nos dias 27 e 28 de julho de 2010



Atendendo à Figura 45, pode concluir-se que à medida que a temperatura aumenta, os níveis de  $O_3$  aumentam, facto que corrobora a hipótese da formação/origem fotoquímica. Em relação à velocidade do vento, quando esta diminui verifica-se um aumento das concentrações de  $O_3$ , facto que comprova o pressuposto das condições não favoráveis à dispersão dos poluentes devido a possíveis fenómenos de inversão térmica.

Em relação às concentrações de  $O_3$  e  $NO_x$ , verifica-se que na estação de monitorização de Estarreja/Teixugueira existem picos de  $NO_x$  que antecedem os picos de  $O_3$ , estes picos podem ser explicados pelas unidades fabris, pelo tráfego intenso na autoestrada A1 e massas de ar *offshore*. Nas estações de Leiria/Ervedeira e Vouzela/Fornelo do Monte, estações rurais, não se verificam concentrações elevadas de  $NO_x$ , não havendo grande influência deste nas concentrações de  $O_3$ .

No que diz respeito à direção do vento registada na estação meteorológica de Ovar, as massas de ar provenientes de E-SE são dominantes durante o período de estudo, o que levanta a possibilidade da influência dos incêndios florestais nas concentrações de  $O_3$  (Figura 46), bem como a influência de unidades fabris, do tráfego intenso que se verifica nas autoestradas (A1, A23 e A24) e o transporte horizontal do poluente e dos seus precursores, como o  $NO_x$ . No entanto, durante alguns dias do episódio, dominam as massas de ar originárias de S-SO, corroborando a hipótese do transporte horizontal de massas de ar *offshore*. Relativamente à direção do vento na estação meteorológica de Viseu, devido à falta de dados registados durante o episódio 7 não é possível efetuar uma análise da sua influência. É visível um padrão nas diversas estações de monitorização de qualidade do ar, sendo mais acentuados nas estações de monitorização localizadas na faixa litoral (Estarreja/Teixugueira e Leiria/Ervedeira), facto que corrobora a hipótese da influência das unidades fabris e do transporte horizontal de massas de ar *offshore*.

Verifica-se na Figura 46 a ocorrência de vários incêndios florestais na região e durante o episódio de poluição, tal como foi mencionado anteriormente, são emitidos gases precursores de  $O_3$  durante os incêndios florestais.



**Figura 46** - Localização dos incêndios ocorridos em Portugal Continental no período de 27 a 28 de julho de 2010 (URL11)

No período de 24 a 31 de julho, de acordo com o IPMA, verificou-se uma onda de calor, caracterizada por valores da temperatura do ar muito elevados, que afetou a região Centro (URL7). Assim conclui-se que as elevadas temperaturas e os incêndios florestais poderão ter influência direta nas concentrações de  $O_3$ , dependendo do transporte horizontal de precursores, influenciado pela velocidade e direção do vento.

❖ Episódio 8 – 29 e 30 de agosto de 2010 ( $O_3$ )

Na Figura 47, estão representadas as concentrações de ozono verificadas neste período, em várias estações, e os parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) que influenciam o transporte, dispersão e produção deste poluente.

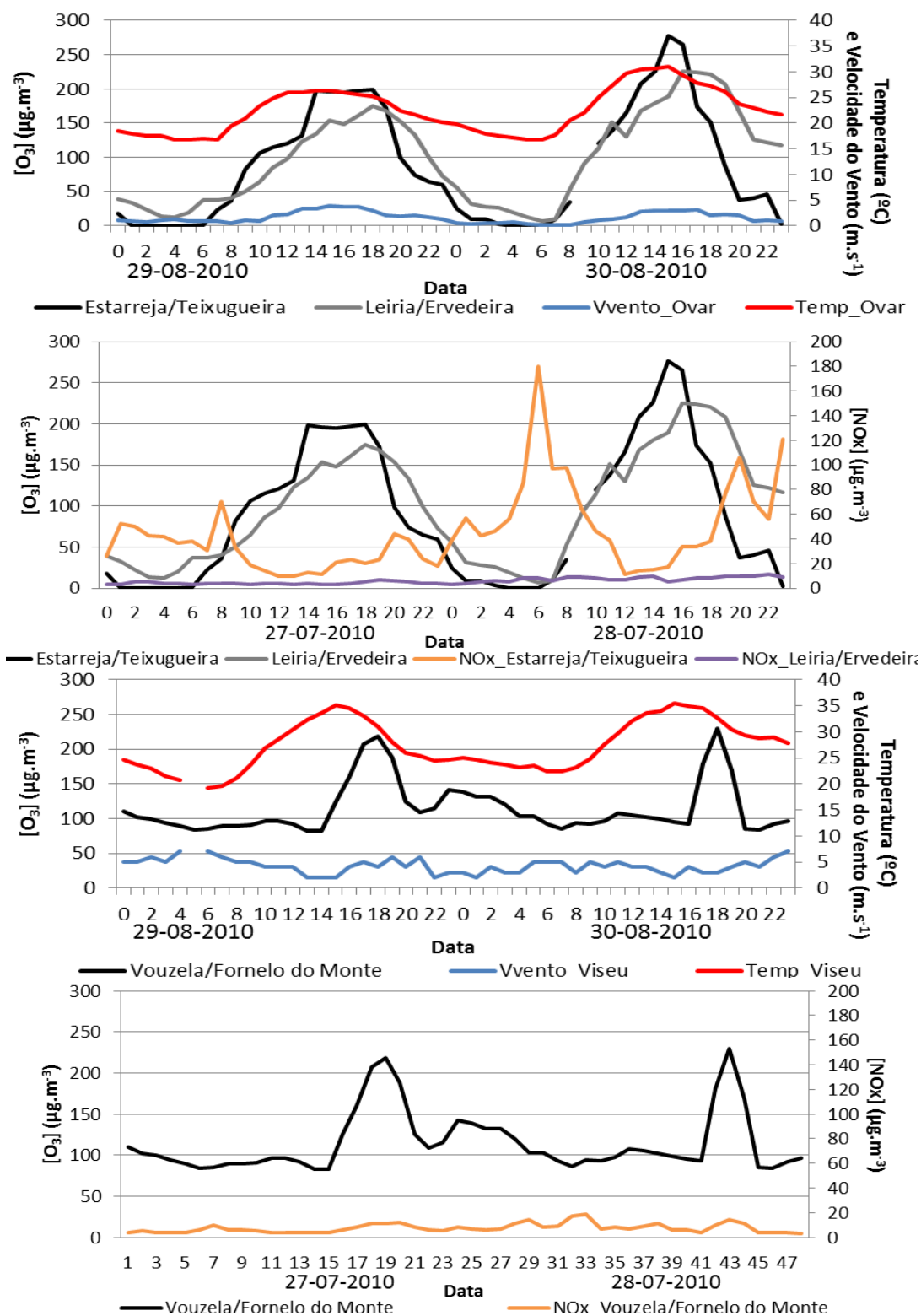


Figura 47 - Concentrações horárias de O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> e parâmetros meteorológicos (temperatura e velocidade do vento) medidos nos dias 29 e 30 de agosto de 2010

Observa-se que as concentrações de O<sub>3</sub> mais elevadas coincidem com os picos de temperatura, o que concorda com a origem fotoquímica deste poluente. No que diz respeito à velocidade do vento, quando esta aumenta, verifica-se um aumento das concentrações de O<sub>3</sub>, o que evidencia a influência do transporte horizontal do poluente e dos seus precursores. Na estação de monitorização de Vouzela/Fornelo do Monte não é visível a influência da velocidade do vento.

A análise das concentrações de O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> permite concluir que, na estação de monitorização de Estarreja/Teixugueira, as concentrações de NO<sub>x</sub> mais elevadas coincidem com as concentrações mais baixas de O<sub>3</sub>, estes picos podem ser explicados pelo tráfego intenso na autoestrada A1 e massas de ar *offshore*. Por outro lado, não é visível a influência das concentrações de NO<sub>x</sub> nas estações rurais (Leiria/Ervedeira e Vouzela/Fornelo do Monte).

Segundo o IPMA, os últimos dias do mês (29 a 31) foram também caracterizados por valores da temperatura muito elevados. No entanto não são considerados onda de calor, visto não terem atingido um intervalo de pelo menos seis dias consecutivos (URL7). Durante este episódio apenas se verificaram três fogos florestais na região Centro, perto das estações de monitorização de Montemor-o-Velho, Coimbra e Leiria/Ervedeira, não influenciando as estações em análise no episódio 8. Assim pode concluir-se que as elevadas temperaturas têm influência direta nas concentrações de O<sub>3</sub>, dependendo do transporte horizontal de precursores, influenciado pela velocidade do vento.

Através da análise dos episódios de poluição, conclui-se que as condições meteorológicas influenciadas pela temperatura e velocidade do vento, tais como os períodos de seca, os transportes de poeiras das regiões secas de África, os incêndios florestais e as ondas de calor afetam as concentrações tanto de PM10 como de O<sub>3</sub> presentes na atmosfera, apesar da temperatura exercer uma maior influência sobre o último poluente.

Em termos meteorológicos, a situação anómala começou a ser sentida mais frequentemente em 2005, ano em que a situação de excedências das médias diárias foi generalizada, sendo que apenas em alguns dias se registou intrusão de partículas do Norte de África. Também em 2006, 2010 e 2011, tal como se concluiu nos episódios analisados anteriormente, as condições meteorológicas (as ondas de calor, os incêndios e os períodos de seca, tal como a fraca dispersão dos poluentes devido a velocidades do vento baixas, camadas de inversão ou turbulência atmosférica) favoreceram o aumento da concentração de PM10 e O<sub>3</sub> na atmosfera.

Tal como foi mencionado anteriormente, as condições meteorológicas, influenciadas pela temperatura, velocidade e direção do vento, têm grande influência na qualidade do ar, no que diz respeito às concentrações de PM10 e O<sub>3</sub>, uma vez que afetam a sua formação e dispersão na atmosfera e não podem ser controladas pelo Homem.

## 5. Conclusões

A presente dissertação foi elaborada com a finalidade de analisar a influência das condições meteorológicas na qualidade do ar da região Centro. A avaliação teve por base a compilação de dados com informação registada nas estações de monitorização da qualidade do ar bem como nas estações meteorológicas situadas na área de estudo e para o período de 2003 a 2011.

A elaboração desta dissertação pretende responder às questões de investigação colocadas inicialmente, tais como:

- ❖ “O plano adotado está a ser implementado?”

Na região Centro, o poluente PM10 apresenta problemas relativamente à qualidade do ar, implicando a obrigatoriedade da CCDR de elaborar um Plano de Melhoria da Qualidade do Ar, que aguarda aprovação em Conselho de Ministros desde outubro de 2010. Apesar de algumas medidas estarem a ser contabilizadas, o plano ainda não foi aprovado e existem medidas que não foram nem vão ser implementadas, como o Metro Mondego.

- ❖ “Qual a influência das condições meteorológicas na qualidade do ar?”

As condições meteorológicas afetam diretamente a qualidade do ar, relativamente às concentrações de PM10 e O<sub>3</sub> presentes na atmosfera, visto que influenciam a sua formação/dispersão e não podem ser controladas.

Numa primeira etapa efetuou-se uma análise qualitativa, de modo a compreender a evolução e variabilidade das concentrações de PM10, O<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub>, registadas nas nove estações de monitorização de qualidade do ar situadas na região Centro para o período de estudo. Recorreu-se à análise da evolução das médias horárias e tendência linear tal como a análise de parâmetros estatísticos das concentrações médias diárias, concluindo-se que para os poluentes PM10 e O<sub>3</sub> não se verificou uma variação significativa da tendência, enquanto o NO<sub>x</sub> apresentou uma tendência decrescente.

Relativamente aos perfis médios diários dos poluentes em estudo conclui-se que o tráfego é relevante para concentrações de PM10 e NO<sub>x</sub> registadas, principalmente nas estações urbanas/industriais, uma vez que é nas horas de maior intensidade de tráfego que são registadas as maiores concentrações (entre as 08:00 e as 10:00 horas e durante o período noturno para PM10 e é por volta das 07:00 e das 09:00 horas e por volta das 18:00 e das 20:00 horas para NO<sub>x</sub>). As elevadas concentrações de PM10 observadas durante o período noturno podem ser explicadas devido ao contributo de fontes locais (indústria e/ou combustão residencial) ou condições meteorológicas de estagnação. O poluente O<sub>3</sub> apresenta concentrações elevadas entre as 13:00 e as 16:00 horas, coincidindo com o período em que as temperaturas são mais elevadas. As estações rurais registam concentrações mais elevadas, devido à radiação solar forte, temperaturas elevadas e,

em situações de estabilidade da atmosfera e vento fraco, principalmente durante as estações primavera-verão e porque não é consumido pelo NO<sub>x</sub> como acontece nas zonas urbanas.

No que diz respeito à análise da relação entre os diversos poluentes, verifica-se uma relação entre o O<sub>3</sub> e o NO<sub>x</sub>, visto o NO<sub>x</sub> ser precursor na formação de O<sub>3</sub>. Verificou-se que são as estações urbanas de fundo e urbanas/industriais que apresentam os valores de relação mais elevados, devido ao tráfego intenso das zonas urbanas e à existência de unidades fabris.

De acordo com a relação entre os poluentes em estudo e a temperatura e concentração média por direção do vento, pode concluir-se que a temperatura influencia positivamente as concentrações de O<sub>3</sub>. Por outro lado, quando a temperatura aumenta, a concentração de NO<sub>x</sub> diminui por ser consumido na produção fotoquímica de O<sub>3</sub>. Relativamente às rosas de poluição, conclui-se que a direção do vento que exerce mais influência sobre as concentrações de O<sub>3</sub> procede de N-NO, enquanto as massas de ar provenientes de NE-E afetam as concentrações de NO<sub>x</sub>. Por outro lado, as concentrações de PM<sub>10</sub> sofrem grande influência de massas de ar originárias de zonas industriais e zonas costeiras.

A análise quantitativa dos dados foi realizada através de testes estatísticos (correlação bivariada de *Pearson*), onde se verificou as maiores correlações nas estações de Vouzela/Fornelo do Monte (PM<sub>10</sub> vs Temperatura), Coimbra – Avenida Fernão Magalhães, Fundão/Salgueiro, Montemor-o-Velho e Leiria/Ervedeira (PM<sub>10</sub> vs NO<sub>x</sub>) e nas estações rurais (O<sub>3</sub> vs NO<sub>x</sub>). No entanto, seria de esperar que à medida que a temperatura aumentasse, a concentração de O<sub>3</sub> também aumentasse, visto a temperatura potenciar o mecanismo fotoquímico. Os resultados obtidos durante a análise qualitativa não são concordantes com os dados obtidos na correlação bivariada de *Pearson*, o que pode ser explicado pelo facto de serem muitos dados de monitorização da qualidade do ar e meteorológicos para tratar.

Da análise dos episódios de poluição selecionados pode concluir-se que, apesar do contributo de fontes pontuais de emissão e transporte de poluentes, as situações de excedências também são influenciadas por fenómenos naturais, tais como os incêndios florestais e o transporte de poeiras provenientes do deserto do Saara e Sahel, no norte de África. No entanto, a extensão dos episódios foi influenciada pelos parâmetros meteorológicos (temperatura, velocidade e direção do vento) que dificultaram o transporte e a dispersão dos poluentes, como por exemplo a existência de camadas de inversão.

❖ “Como evoluiu a qualidade do ar na região Centro nos anos após o Plano de Melhoria?”

A aglomeração de Aveiro/Ílhavo e a Zona de Influência de Estarreja apresentaram excedências ao Valor-Limite diário e anual, para o poluente PM<sub>10</sub>, em praticamente todos os anos de estudo, tendo sido por isso necessário elaborar um Plano de Melhoria da Qualidade do Ar para a região Centro e o respetivo Programa de Execução, de acordo com o DL n.º 102/2010, de 23 de setembro,

com o intuito de reduzir as concentrações de PM10. O poluente O<sub>3</sub> também tem apresentando excedências nos últimos anos, sendo provável a elaboração de um plano de melhoria para este poluente, no entanto é preciso apresentar três anos com excedências ao VL legislado no Decreto-Lei mencionado.

Apesar dos cenários otimistas do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro, a informação recolhida nas várias estações de monitorização não é concordante com essas previsões, na medida em que se verificou um aumento praticamente generalizado das médias anuais da concentração do poluente PM10, situação que poderá ter como causa as fontes pontuais de poluição ou eventuais condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes, como foi referido anteriormente relativamente aos episódios de poluição.

Durante a elaboração da dissertação deparámo-nos com condicionantes e algumas lacunas, maioritariamente associadas à falta de informação. No caso presente verificou-se que o Plano de Melhoria não possuía uma descrição mínima dos pressupostos que lhe serviram de base, nem tão pouco qualquer explicitação das metodologias de previsão de eficácia das medidas consideradas, como foi referido anteriormente. Com a finalidade de evitar estas limitações em estudos futuros é necessário elaborar Planos de Melhoria e Programas de Execução que sejam consistentes e facilmente quantificáveis, uma vez que para a maioria das medidas presentes no Plano de Melhoria não é possível quantificar os seus resultados relativamente à emissão de PM10 (caso das medidas do setor de oferta e procura de energia) e, devido ao facto das medidas serem baseadas em Planos Nacionais como o PNAC, PNAEE, PTEN, entre outros, assentam em pressupostos irrealistas e excessivamente otimistas no que diz respeito às alterações de padrões de comportamento dos consumidores e utilizadores de energia e combustíveis, refletindo inconsistência.

Importa ainda realçar a importância da manutenção das estações de monitorização para a qualidade e eficiência dos dados, bem como a recolha de dados meteorológicos, indispensáveis à compreensão dos processos atmosféricos que condicionam a qualidade do ar.

Em estudos futuros deveria recorrer-se à modelação da qualidade do ar, visto ser uma ferramenta indispensável à compreensão efetiva das condições de transporte e dispersão bem como à contribuição das diferentes fontes na qualidade do ar. A modelação da qualidade do ar baseia-se numa simulação matemática da dispersão e das transformações que os poluentes sofrem na atmosfera, através da resolução de diversas equações matemáticas e algoritmos, com o intuito de ajudar na elaboração e implementação de medidas de controlo para reduzir a concentração destes poluentes na atmosfera. Os modelos são instrumentos cada vez mais utilizados e com menor margem de erro, todavia os resultados podem mostrar discrepâncias dos valores reais devido ao facto de se tratar de previsões e não conseguirem antecipar anomalias/episódios pontuais de poluição.

## Referências Bibliográficas

- Almeida, M.; Frade, P.; Pimentel, C.; Sousa, A.; Taliscas, C.; Lameiras, H.; Póvoas, F.** (2010). *Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro*. Centro Tecnológico da Cerâmica de Vidro e Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro. Coimbra.
- Amann, M.; Raes, F.; Swart, R.; Tuinstra, W.** (2004). *A good climate for clean air: Linkages between climate change and air pollution*. *Climate Change*, vol. 66 (3), pp. 263-269.
- Barros, N.** (1999). *Poluição atmosférica por foto-oxidantes: o ozono troposférico na região de Lisboa*. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Doutor em Ciências Aplicadas ao Ambiente
- Borrego, C.; Miranda, A.I.; Salmim, L.; Monteiro, A.; Ferreira, J.; Martins, H.; Coutinho, M.; Pereira, M.; Ribeiro, C.** (2005). *Elaboração de Planos e Programas de Acção para a melhoria da qualidade do ar na região Norte*. Universidade de Aveiro, Aveiro. Estudo Realizado no âmbito do protocolo de colaboração com a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- Borrego, C.; Miranda, A. I.; Martins, H.; Ferreira, J.** (2006). *Elaboração de Planos e Programas de ação para a melhoria da qualidade do ar na Região Norte*, Universidade de Aveiro, Aveiro. Estudo Realizado no âmbito do protocolo de colaboração com a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- Borrego, C.; Miranda, A. I.; Amorim, J. H.; Sá, M. E.; Martins, V.; Carvalho A.; Coutinho, M.; Ribeiro, C.; Bento, S.** (2011). *Avaliação da Qualidade do ar e Simulação dos Efeitos dos Incêndios Florestais no Concelho da Trofa*. Universidade de Aveiro/Instituto do Ambiente e Desenvolvimento. IMA 99.10 – 09/06.16, Aveiro.
- CAFE Working Group on Particulate Matter** (2004). *Second Position Paper on Particulate Matter*. Final Draft.
- Carvalho, A.C.** (2006). *A qualidade do ar e as alterações climáticas em Portugal*. Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro. Tese apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do Grau de Doutor em Ciências Aplicadas ao Ambiente.
- Chaves, C., Maciel, E., Guimarães, P. e Ribeiro, J. C.** (2000). *Instrumentos estatísticos de apoio à economia: conceitos básicos*. ISBN 972-773-034-5. McGraw-Hill, Lisboa.
- Chazarra, A.; Silva, A.; Herráez, C. F.; Barceló, A. M.; Pires, V.; Cunha, S.; Mendes, M.; Neto, J.; Nunes, L. F.; Sánchez, G.; Tavares, C. D.; Couto, M. A. G.** (2011). *Atlas Climático Ibérico: Temperatura do Ar e Precipitação (1971-2000)*. ISBN 978-84-7837-079-5 [em linha].



[consultado em 09/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <[http://www.meteo.pt/resources.www/docs\\_pontuais/ocorrencias/2011/atlas\\_clima\\_iberico.pdf](http://www.meteo.pt/resources.www/docs_pontuais/ocorrencias/2011/atlas_clima_iberico.pdf)>;

**DGS (Direção Geral de Saúde)**. 2012. *O Plano de Contingência para Temperaturas Extremas Adversas – Módulo de Calor*.

**CE (Comissão Europeia), Direção Geral do Ambiente** (1987). *Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development*. A/42/427. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. [em linha]. [consultado em 18/12/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>>;

**CE (Comissão Europeia)** (2004). *Forest Fires in Europe – 2003 Fire Campaign*, Schmuck, Miguel-Ayanz, Barbosa, Camia, Kucera & Liberta (Ed), Official Publication of the European Communities, SPI.04.124 EN.

**Duarte, B.** (2012). *Contributo de fontes de emissão na qualidade do ar em Estarreja*. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro. Aveiro. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

**Ferreira, F.; Nogueira, L.; Almeida, C.; Tente, H.; Martins, A.; Monjardino, J; Neto, J.; Franco, N.; Pereira, P.; Gomes, P.; Mesquita, S.; Ferreira, G. V.; Maciel, H.; Torres, P.** (2006). *Planos e Programas para a melhoria da qualidade do ar na Região de Lisboa e Vale do Tejo*. Lisboa, DCEA-FCT/ Universidade Nova de Lisboa. Estudo Realizado no âmbito do protocolo de colaboração com a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo.

**Field, A.** (2009). *Discovering Statistics Using SPSS (Introducing Statistical Methods series)*. SAGE Publications Ltd, Third Edition. London.

**Figueiredo, M.** (2011). *Contributo para a Gestão da Qualidade do Ar em Estarreja*. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro. Aveiro. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

**França, T.** (2011). *Avaliação da qualidade do ar no Arquipélago da Madeira*. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro. Aveiro. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

**Girão, A. A.** (1953). *Ventos predominantes em Portugal e seus nomes populares e tradicionais*. O Instituto 115, p. 656. Lisboa.

**Hamonou, E.; Chazette, P.; Balis, D.; Dulac, F.; Schneider, X.; Galani, E.; Ancellet, G.; Papayannis, A.** (1999). *Characterization of the vertical structure of Saharan dust export to the Mediterranean basin*. Journal of Geophysical Research, 104, p. 22257-22270.

**Liu, D. H. F.; Lipták, B. G.** (1999). *Air Pollution*. ISBN 1-56670-518-4. Lewis Publishers.

**Martins, V.** (2007). *Impacte dos Incêndios Florestais na Qualidade do Ar*. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro. Aveiro. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

**Martins, V.; Miranda, A. I.; Carvalho, A.; Schaap, M.; Borrego, C** (2009). *Impacte dos Incêndios Florestais na Qualidade do Ar em Portugal no Período 2003-2005*. Centro de Estudos do Ambiente e do Mar. Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro. Aveiro.

**Mauzerall, D.L.; Sultan, B.; Kim, J.; Bradford, D.** (2005). *NOx emissions: variability in ozone production, resulting health damages and economic costs*. *Atmospheric Environment*, 39, p.2851-2866.

**Lameiras, H.** (2012). *Relatório da Qualidade do Ar na Região Centro*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, Coimbra.

**PNAEE (Plano Nacional da Ação para a Eficiência Energética)** (2009). *Relatório de Execução do PNAEE 2009*. [em linha]. [consultado em 19/12/2012]. Disponível em WWW: URL: <[http://www.adene.pt/pt-pt/PNAEE/Documents/Relatrio\\_Impactes\\_PNAEE\\_2009\\_1\\_6\\_2010\\_2.pdf](http://www.adene.pt/pt-pt/PNAEE/Documents/Relatrio_Impactes_PNAEE_2009_1_6_2010_2.pdf)>;

**PNAEE (Plano Nacional da Ação para a Eficiência Energética)** (2010). *Relatório de Execução do PNAEE 2010*. [em linha]. [consultado em 19/12/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.adene.pt/pt-pt/PNAEE/Documents/Relat%C3%B3rio%20Execu%C3%A7%C3%A3o%20PNAEE%202010%20-%20220511.docx.pdf>>;

**Póvoas, F. e Clara, A. R.** (2012). *Análise do Primeiro Ano de Aplicação do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Centro – Ano 2010*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, Coimbra.

**Póvoas, F., Ferreira, M. e Abrantes, M.** (2006). *Inventário de Emissões Gasosas na Região Centro em 2005*. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, Coimbra.

**Seinfeld, J. H. and Pandis, S. N.** (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, 2ª edição, ISBN: 978-0-471-72018-8. J. Wiley, New York.

**Tabachnick, B. and Fidell, L.** (2007). *Using multivariate statistics*. Pearson Education, Fifth Edition. ISBN: 0-205-45938-2, USA.

**Vallero, D. A.** (2007). *Fundamentals of Air Pollution*, Fourth Edition. ISBN: 978-0-12-373615-4.

**Vautard, R.; Thunis, P.; Cuvelier, C.; Rouil, L.; Bessagnet, B.; Stern, R.; Kerschbaumer, A.; Moussiopoulos, N.; Douros, J.; Tarrason, L.; Wind, P.; Builtjes, P.; Schaap, M., Bedogni,**

**M.; Pirovano, G.** (2007). *Evaluation and intercomparison of ozone and PM10 simulations by several chemistry-transport models over 4 European cities within the CityDelta project*. Atmospheric Environment, 41, p.173-188.

**Vilão, R.; Venâncio, C.; Gervásio, I.; Silva, J.; Liberal, P.; Ribeiro, R.** (2012). *Relatório do Estado do Ambiente 2012*. ISBN: 978-972-8577-61-2. Lisboa.

**WHO (World Health Organization)** (1999). *Monitoring Ambient Air Quality for Health Impact Assessment*. Organização Mundial de Saúde, Gabinete Regional para a Europa, Publicações Regionais da OMS, Série Europeia, Nº 85. ISBN 92 890 1351 6. Copenhaga.

**WHO (World Health Organization)** (2000). *Air Quality Guidelines for Europe*. Second Edition. Organização Mundial de Saúde, Gabinete Regional para a Europa, Publicações Regionais da OMS, Série Europeia, Nº91. ISBN 92 890 1358 3.

**WHO (World Health Organization)** (2003). *Climate change and human health - risks and responses*. Organização Mundial de Saúde, Gabinete Regional para a Europa, Publicações Regionais da OMS. ISBN 92-4-156248-X, Geneva.

**WHO (World Health Organization)** (2006). *Air Quality Guidelines - Global Update 2005*. Organização Mundial de Saúde, Gabinete Regional para a Europa, Publicações Regionais da OMS. Copenhaga.

### **Legislação Consultada**

**Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro**, relativo à definição de objetivos relativos à qualidade do ar ambiente destinadas a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente. [em linha]. [consultado em 25/08/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://dre.pt/pdf1sdip/2010/09/18600/0417704205.pdf>>;

**Portaria n.º 286/93, de 12 de março**, relativa à definição de valores limites de concentração de poluentes na atmosfera. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=401&versao=3>>;

**Clean Air for Europe (CAFE) Programme**. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <[http://europa.eu/legislation\\_summaries/other/128026\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/other/128026_en.htm)>;

**Diretiva n.º 96/62/CE, de 27 de setembro**, relativa à definição de objetivos relativos à qualidade do ar ambiente na Comunidade destinadas a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente na sua globalidade. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1996:296:0055:0063:PT:PDF>>;

**Diretiva n.º 99/30/CE, de 22 de abril**, relativa ao estabelecimento de Valores-Limite e, quando apropriado, de limiares de alerta para as concentrações de dióxido de enxofre, dióxido de azoto e NOx, PM10 em suspensão e chumbo no ar ambiente, a fim de evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos destes poluentes sobre a saúde humana e sobre o ambiente na sua globalidade. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:163:0041:0060:PT:PDF>>;

**Protocolo de Gotemburgo**. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003D0507:PT:HTML>>;

**Diretiva n.º 2000/69/CE, de 16 de novembro**, relativa ao estabelecimento de Valores-Limite para as concentrações de benzeno e de monóxido de carbono no ar ambiente, a fim de evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente na sua globalidade. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:313:0012:0021:PT:PDF>>;

**Diretiva n.º 2004/107/CE, de 15 de dezembro**, relativa a estabelecer um valor-alvo para as concentrações de arsénio, cádmio, níquel e benzo(a)pireno no ar ambiente com o intuito de evitar, prevenir ou limitar os efeitos nocivos do arsénio, cádmio, níquel e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos na saúde humana e no ambiente na sua globalidade. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:PT:PDF>>;

**Diretiva n.º 2008/50/CE, de 21 de maio**, relativa à definição de objetivos relativos à qualidade do ar ambiente destinadas a evitar, prevenir ou reduzir os efeitos nocivos para a saúde humana e para o ambiente na sua globalidade. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:PT:PDF>>;

**Decreto-Lei n.º 193/2003, de 22 de agosto**, relativo aos tetos de emissão nacionais de determinados poluentes atmosféricos, tomando como referência os anos de 2010 e 2020. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://siddamb.apambiente.pt/publico/documentoPublico.asp?documento=25691&versao=1&searcher=&nota=0&prefix=&qstring=d%3A%22Polui%E7%E3o%20atmosf%E9rica%22%20nacional%3As%20comunitaria%3An%20internacional%3An%20jurisprudencia%3An%20doutrina%3An%20outro%3An%20legislacao%3As>>;

### **Sítios da Internet Consultados**

**URL1:** Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro. [em linha]. [consultado em 23/09/2012]. Disponível em WWW: URL: <<https://www.CCDDR-C.pt>>;

**URL2:** Agência Portuguesa do Ambiente. [em linha]. [consultado em 30/09/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.apambiente.pt>>;

**URL3:** Universidade Fernando Pessoa. *Os principais gases poluentes*. [em linha]. [consultado em 26/05/2013]. Disponível em WWW: URL: <[http://www2.ufp.pt/cemas/CEMAS\\_c\\_UFP\\_files/CEMAS\\_ensino\\_UFP\\_files/vciair/poluentes.htm](http://www2.ufp.pt/cemas/CEMAS_c_UFP_files/CEMAS_ensino_UFP_files/vciair/poluentes.htm)>;

**URL4:** Instituto Nacional de Estatística. *Censos 2011*. [em linha]. [consultado em 06/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <[http://www.ine.pt/scripts/flex\\_definitivos/Main.html](http://www.ine.pt/scripts/flex_definitivos/Main.html)>;

**URL5:** Base de Dados de Portugal Contemporâneo - PORDATA. [em linha]. [consultado em 06/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.pordata.pt/Municipios/Ambiente+de+Consulta/Tabela>>;

**URL6:** Base de Dados On-line sobre a Qualidade do Ar - QualAr. [em linha]. [consultado em 09/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.qualar.org/index.php?page=4&subpage=1>>;

**URL7:** Instituto Português do Mar e da Atmosfera. [em linha]. [consultado em 09/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.ipma.pt>>;

**URL8:** Sistema de previsão do cumprimento de Quioto – CUMPRIRQUIOTO.PT. [em linha]. [consultado em 08/11/2012]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.cumprirquioto.pt/measures/MeasuresIndicators.action?sector=TRANSPORTS>>;

**URL9:** National Climatic Data Center - NOAA. [em linha]. [consultado em 11/03/2013]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.ncdc.noaa.gov/>>;

**URL10:** Direção Geral de Energia e Geologia. [em linha]. [consultado em 05/04/2013]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.dgeg.pt>>.

**URL11:** Web Fire Mapper. [em linha]. [consultado em 25/05/2013]. Disponível em WWW: URL: <<http://geonetwork4.fao.org/firemap/>>;

**URL12:** BSC. *BSC-DREAM8b v2.0 Atmospheric Dust Forecast System*. [em linha]. [consultado em 16/09/2013]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.bsc.es/earth-sciences/mineral-dust-forecast-system/bsc-dream8b-forecast>>;

**URL13:** European Environment Agency. [em linha]. [consultado em 08/01/2013]. Disponível em WWW: URL: <<http://www.eea.europa.eu/>>;

## **Anexos**

**Anexo I - Instrumentos relevantes de política nacional previstos na área da gestão do ar (PNAC 2006)**

**Anexo II – Descrição da Metodologia 2 enumerada no Plano de Melhoria**

**Anexo III - Instrumentos relevantes de política nacional previstos na área energia (PNAEE – Portugal eficiência 2015)**

**Anexo IV – Análise da evolução da produção e consumo de energia elétrica a nível Nacional**

**Anexo V – Estimativa de emissões provenientes do consumo de combustíveis a nível nacional e na região Centro**

**Anexo VI – Excedências ao Limiar de Informação ao Público de O<sub>3</sub>**





**Anexo I - Instrumentos relevantes de política nacional previstos na área da gestão do ar (PNAC 2006)**

**Tabela 1-A - Medidas Propostas para o Sector de Oferta e Procura de Energia e para o Sector dos Transportes**

Sector	Ref <sup>a</sup> Medida	Instrumento	Descrição medida	Ação (ões)/ período de implementação	Estimativa de reduções	Estimativa de reduções PM10 Região Centro - 2012
Oferta e procura de Energia	MR e2	PNAC 2006	Novo Plano de Expansão do sistema electroprodutor	<p>Novas centrais de ciclo combinado a gás natural (CCGN) com um consumo específico de 0,1656 m<sup>3</sup>N/kWh para os três primeiros grupos (Central do Ribatejo) e 0,158 m<sup>3</sup>N/kWh para os grupos seguintes em vez de 0,175 m<sup>3</sup>N/kWh.</p> <p>Esta medida foi concluída com o licenciamento das quatro Centrais de Ciclo Combinado a Gás Natural (CCGN).</p>	0,9 Mt CO <sub>2</sub> e/ano, de acordo com as estimativas do PNAC 2006	Na Região Centro foi implementada a Central de Ciclo Combinado a Gás Natural em Lares, que entrou em funcionamento em Outubro de 2009. Esta medida irá ter impactes indiretos na redução da emissão de PM10 à escala global.
	MR e4	PNAC 2006	Programa Água Quente Solar para Portugal	<p>2005 e 2006: 13 000 m<sup>2</sup>/ano</p> <p>2007 a 2020: 100 000 m<sup>2</sup>/ano, com o efeito da entrada em vigor plena, em 2006, de nova legislação sobre edifícios</p>	Em 2009 foram instalados 250 000 m <sup>2</sup> , existindo um total de 600 000 m <sup>2</sup> . (REPAP, APREN, 2010, <a href="http://www.cumprirquioto.pt">www.cumprirquioto.pt</a> )	Estima-se que com esta medida se consiga evitar cerca de 2 t/ano. Assumindo os valores previstos no PNAC para 2012 de 100 000 m <sup>2</sup> /ano de painéis, e considerando que a emissão específica de PM10 no parque térmico é de 0,03 g/kWh (EDP, 2010).
	MA e1	PNAC 2006	Melhoria da Eficiência Energética do Sector Electroprodutor	<p>Taxa de 8,6% em perdas na rede de transporte e distribuição (2008-2012).</p> <p>Em implementação.</p>	0,146 Mt CO <sub>2</sub> e/ano (dados do PNAC 2006).	Não avaliada por se considerar que os impactes na redução de PM10 serão pouco significativos na Região Centro
	MA2007e1	PNAC 2006 e Novas Metas 2007	Produção de Eletricidade a partir de Fontes Renováveis de Energia (E-FRE)	Aumentar a meta de geração de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia (E-FRE) de 39% de consumo bruto de eletricidade em 2010 para 45%	<p>Média Anual 2008-2012: 0,458 Mt CO<sub>2</sub>e</p> <p>Em 2009 valor obtido foi de 42,8%</p>	Não quantificada em termos de redução de PM10.

Análise da Qualidade do Ar da Região Centro – Validação de Políticas

Sector	Refª Medida	Instrumento	Descrição medida	Ação (ões)/ período de implementação	Estimativa de reduções	Estimativa de reduções PM10 Região Centro - 2012
	MA2007e2	PNAC 2006 e Novas Metas 2007	Entrada em Funcionamento de Novas Centrais de Ciclo Combinado a Gás Natural (CCGN)	Entrada em funcionamento de novas centrais de ciclo combinado a gás natural (CCGN), com o objetivo de atingir uma capacidade instalada total, novas e existentes, de 5 360 MW no ano 2010	Média Anual 2008-2012: Taxa de Utilização = 37%: 0,114 Mt CO <sub>2</sub> e. Taxa de Utilização= 40%: - 0,155 Mt CO <sub>2</sub> e	Ver MR e2
	MRe3	PNAC 2006	Eficiência Energética nos Edifícios	Adoção dos novos regulamentos RCCTE e RSECE, com um aumento da eficiência térmica dos novos edifícios em 40%. Efeito a partir de 2007	0,4 Mt CO <sub>2</sub> e/ano, de acordo com as estimativas do PNAC2006	Os painéis térmicos produzem cerca de 70% das necessidades anuais de energia no aquecimento das águas sanitárias de um edifício e 25% para o aquecimento das habitações. Considerando que 70% dos edifícios novos têm sistemas de aquecimento centralizado, os painéis térmicos também servem para as águas de aquecimento. Obtemos uma redução de 12,5% face à utilização de biomassa. Para a Região Centro, considerando os edifícios existentes, novos e em remodelação e população afeta equivale a uma redução de PM10 de cerca de 25-30 t/ ano.
	MAe3	PNAC 2006	Melhoria da eficiência energética ao nível da procura de eletricidade	Redução de 1020 GWh no consumo de eletricidade	0,795 Mt CO <sub>2</sub> e/ano (dados do PNAC2006)	Estima-se que com esta medida se consiga evitar cerca de 8 a 9 t/ano Considerando que a emissão específica de PM10 no parque térmico é de 0,03 g/kWh (EDP, 2010).
Transportes	MR t1	PNAC 2006	Programa Auto	Reduzir as emissões de GEE do	Meta sectorial:	As emissões estimadas em

Análise da Qualidade do Ar da Região Centro – Validação de Políticas

Sector	Refª Medida	Instrumento	Descrição medida	Ação (ões)/ período de implementação	Estimativa de reduções	Estimativa de reduções PM10 Região Centro - 2012
Transportes			Oil: Acordo Voluntário com as Associações de Fabricantes de Automóveis (ACEA, JAMA, KAMA)	transporte rodoviário efetuado com veículos ligeiros de passageiros no período 2002 – 2010	2002: 165/170 gCO <sub>2</sub> e/vkm 2008: 140 gCO <sub>2</sub> e/vkm 2010: 120 gCO <sub>2</sub> e/vkm Emissões evitadas: 0,175 Mt CO <sub>2</sub> e	termos de redução de PM10 equivalentes ao CO <sub>2</sub> evitado na Região Centro são estimadas em cerca de 32 t no período de referência indicado.  Ver ainda cálculo da estimativa de reduções de PM10 juntamente com a medida MAT3 e MAT7.
	MR t5	PNAC 2006	Construção do Metro Ligeiro do Mondego (MLM)	2005 – 2010 (previsto inicialmente) Medida ainda não implementada	Emissões evitadas (em 2010): 0,0193 Mt CO <sub>2</sub> e 2012: 51564663 pkm (fonte: <a href="http://www.cumprirquioto.pt">www.cumprirquioto.pt</a> )	A redução de PM10 segundo o EIA de 2003, foi estimada em cerca de 55 t/ano.
	MRt8 e MAT6	PNAC 2006	Incentivo ao abate de Veículos em Fim de Vida e Programa de Incentivo ao abate de Veículos em Fim de Vida	2004 – 2010 Esta medida promoverá a substituição de veículos por outros mais eficientes em termos de emissões de poluentes.	Abate anual de 4 700 veículos com mais de 10 anos a partir de 2005.	Com base nos dados disponibilizados em 2008 foram abatidos 34 137 veículos e em 2009 foram 13 053. Alocando o nº de veículos para a Região Centro e tendo em conta as idades dos veículos abatidos, é possível estimar reduções de PM10 de <b>1,5 a 6 t/ano</b> .
	MR t9	PNAC 2006	Redução das Velocidades praticadas em AE	Ano 2010: atingir uma velocidade média de circulação em AE de 118 km/h	Meta sectorial: 2000: 124 km/h 2004: 122 km/h 2010: 118 km/h	Esta medida tem efeitos na redução de PM10 mas face à ausência de dados não foi possível estimar.
	MRt10 e MA2007t1	PNAC 2006 e Novas Metas 2007	Alteração da taxa de incorporação de biocombustíveis,	Aumento da quota de biocombustíveis consumidos no total de combustíveis do modo rodoviário 2005 – 2010. Os biocombustíveis	1,243 Mt CO <sub>2</sub> e	Estima-se que esta medida na Região Centro possa contribuir com uma redução de cerca de 50-60 t

Análise da Qualidade do Ar da Região Centro – Validação de Políticas

Sector	Refª Medida	Instrumento	Descrição medida	Ação (ões)/ período de implementação	Estimativa de reduções	Estimativa de reduções PM10 Região Centro - 2012
			nos carburantes rodoviários, de 5,75% para 10%, em 2010	possuem fatores de emissão inferiores aos combustíveis tradicionais.		/ano ou seja 2,5 a 3,7%.
	MAt3	PNAC 2006	Aumento da eficiência energética do parque automóvel	Incorporação de fator de emissão de CO2 dos veículos automóveis imposto automóvel (IA) Data de início: 2º semestre de 2006	0,0077 Mt CO <sub>2</sub> e	Assumindo uma redução de 5% em toda a tipologia de transporte em 2012 face à eficiência dos sectores, renovação de frota, temos uma redução esperada de 96 a 150 t (cenário baixo e alto respetivamente)
	MAt7	PNAC 2006	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia no Sector dos Transportes	Revisão do Regulamento de Gestão do Consumo de Energia no Sector dos Transportes Redução de 5% do fator de consumo no transporte de mercadorias	0,0181 Mt CO <sub>2</sub> e	
	MAt8	PNAC 2006	Ligação ferroviária ao Porto de Aveiro	Desenvolvimento das acessibilidades interregionais ferroviárias ao Porto de Aveiro (Fase II) Transferência para o modo marítimo de 1553 kt de mercadorias, anualmente, a partir de 2007	0,040 Mt CO <sub>2</sub> e	A estimativa foi com base nos dados previsto no EIA, 2005, e informações do Porto de Aveiro. A redução na emissão de PM10 em 2012 será de 0,5 a 3 t/ano (função de cenário utilizado desde 9 km até 150 km de percurso rodoviário evitado).
	MAt9	PNAC 2006	Auto-estradas do Mar	Integração do Sistema Marítimo-Portuário nas Auto-estradas do Mar Transferência de 20% do tráfego rodoviário internacional de mercadorias para o modo marítimo	0,150 Mt CO <sub>2</sub> e	Medida ainda não implementada. Sem dados para a sua quantificação.

## **Anexo II – Descrição da Metodologia 2 enumerada no Plano de Melhoria**

A “metodologia 2” descrita no Plano de Melhoria da Qualidade do Ar na Região Centro assenta em dois pressupostos:

- Existe uma tendência da redução das médias anuais nas estações de monitorização da qualidade do ar, durante o período de 2004 a 2009;
- Para cada estação de monitorização, existe uma relação aproximadamente linear entre o número de casos de excedência diária ocorridos em cada ano e a respetiva concentração média anual.

De acordo com a relação linear entre o número de casos de excedências e as concentrações médias anuais para cada estação de monitorização, durante o período de 2004 a 2009, são calculadas as médias anuais previstas para cada um dos anos seguintes e é estimado o número de excedências ao Valor-Limite diário, considerando as reduções previstas no cenário conservador (redução de 6,5% em 2012 relativamente a 2009).

**Anexo III - Instrumentos relevantes de política nacional previstos na área energia (PNAEE – Portugal eficiência 2015)**

**Tabela 2-A - Medidas propostas para o Sector Residencial e Serviços**

Sector	Refª Medida	Instrumento	Descrição medida	Entidades envolvidas	Ação (ões)/ período de implementação	Estimativa de reduções	Estimativa de reduções PM <sub>10</sub> Região Centro - 2012
Residencial e serviços – Programa Renove casa e escritório	Medidas de remodelação R&S4M7	PNAEE	Instalação Calor verde. Instalação de recuperadores de calor alimentados a biomassa, microcogeração a biomassa ou bombas de calor (COP >=4)	DGEG ADENE	Até 2015	6247 tep (2010) a 16020 tep (2015), de acordo com as estimativas do PNAEE.  Nº fogos 7 500 (2010) e 20 000 (2015)	Com base nos cenários do PNAEE foi estimado, na Região Centro, o nº de fogos a implementar a medida, recorrendo a lareiras com recuperadores alimentados a pellets. O fator de emissão utilizado para as pellets foi de 0,44 g/kg de combustível seco (Houck, 2000). A redução alcançada foi de 15-25 t/ano.

**Anexo IV – Análise da evolução da produção e consumo de energia elétrica a nível Nacional**

**Tabela 3-A - Produção e Consumo de Energia Elétrica a nível Nacional (GW.h) (DGE, 2013)**

Anos	Hídrica > 10MW	Hídrica ≤ 10MW	Biomassa	Eólica	Geotérmica	Fotovoltaica	Prod. Renováveis	Produção Total	Prod. Não Renováveis	Consumo
1995	7 962	492	988	16	42	1	9 501	33 264	23 763	28 544
1996	14 207	658	959	21	49	1	15 895	34 520	18 625	30 040
1997	12 537	638	1 036	38	51	1	14 301	34 207	19 906	31 651
1998	12 488	566	1 022	89	58	1	14 224	38 984	24 760	33 532
1999	7 042	589	1 237	122	80	1	9 071	43 287	34 216	35 799
2000	11 040	675	1 554	168	80	1	13 518	43 764	30 246	37 912
2001	13 605	770	1 600	256	105	2	16 338	46 509	30 171	39 414
2002	7 551	706	1 732	362	96	2	10 449	46 107	35 658	40 920
2003	15 163	891	1 663	496	90	3	18 306	46 852	28 546	42 522
2004	9 570	577	1 797	816	84	3	12 847	45 105	32 258	44 093
2005	4 737	381	1 976	1 773	71	3	8 941	46 575	37 634	45 537
2006	10 633	834	2 001	2 925	85	5	16 483	49 041	32 558	46 987
2007	9 927	522	2 140	4 037	201	24	16 851	47 253	30 402	48 088
2008	6 780	516	2 133	5 757	192	41	15 419	45 969	30 550	47 536
2009	8 108	901	2 376	7 577	194	160	19 316	50 207	30 891	47 119
2010	16 547		3 427	9 182	197	214	29 567	54 093	24 526	52 200

Os dados do período referente a 1995 até 2010 foram extraídos da Direção Geral de Energia e Geologia.

**Anexo V – Estimativa de emissões provenientes do consumo de combustíveis a nível nacional e na região Centro**

**Tabela 4-A - Venda de Combustíveis para Consumo a nível Nacional (Portugal e Ilhas) (DGEG, 2013)**

Anos	Venda de combustíveis para consumo a nível Nacional								
	Gás auto (GPL)	Gasolina normal	Gasolina super	Gasolina aditivada	Gasolina sem chumbo 95	Gasolina sem chumbo 98	Gasolinas e GPL	Gasóleo rodoviário	Biodiesel
1990		103 067	1 202 898		23 407		1 329 372	2 295 725	
1991		47 441	1 288 982		127 158		1 463 581	2 415 293	
1992		7 128	1 418 558		216 577		1 642 263	2 549 869	
1993			1 356 636		321 944	63 741	1 742 321	2 614 061	
1994			1 260 965		349 405	185 889	1 796 259	2 762 478	
1995	264		1 226 662		380561	296 801	1 904 288	3 023 524	
1996	2 068		1 165 294		445 475	354 479	1 967 316	3 262 589	
1997	11 904		1058 843		563 057	356 926	1 990 730	3 462 423	
1998	13 716		954 622		669 348	407 147	2 044 833	3 627 510	
1999	21 549			692 453	878 488	515 852	2 108 342	3 928 507	
2000	20 385			495 084	1 049 878	537 736	2 103 083	4 391 811	
2001	20 212			369 989	1 115 519	510 149	2 015 869	4 707 137	
2002	19 476			284 908	1 292 608	489 604	2 086 596	4 779 189	
2003	19 709			183 555	1 335 690	485 487	2 024 441	4 800 266	
2004	20 134			105 213	1 397 290	424 616	1 947 253	4 930 826	
2005	21 634			25 117	1 417 860	365 153	1 829 764	4 915 265	
2006	20 160			4597	1 398 446	277 004	1 700 207	4 764 738	1 050
2007	21 826			1168	1 362 922	225 386	1 611 302	4 864 373	2 911
2008	25 349			165	1 318 223	168 600	1 512 337	4 791 541	5 085
2009	27 127				1 293 371	152 806	1 473 304	4 840 159	4 318
2010	25 835				1 258 105	140 213	1 424 153	4 936 290	4 782
2011					1 168 962	108 414	1 277 376	4 670 885	4 338

dados provisórios

DGEG

Os dados foram extraídos da base de dados nacional Pordata, que são fornecidos pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG).



**Tabela 5-A - Venda de combustíveis para consumo na região abrangida pela CCDRC (77 Concelhos)**  
(INE, 2013)

Anos	Venda de combustíveis para consumo na Região abrangida pela CCDRC							Emissões de Partículas
	Gás auto (GPL)	Gasolina aditivada	Gasolina sem chumbo 95	Gasolina sem chumbo 98	Gasolinas e GPL	Gasóleo rodoviário	Total	
2004	4048	17763	153206	52990	242144	799333	<b>1041477</b>	1693,79
2005	4773	4463	209402	63416	282054	804381	<b>1086435</b>	1704,48
2006	4091	1296	204902	48013	258302	755201	<b>1013503</b>	1600,27
2007	4687	190	201120	38747	244744	730309	<b>975053</b>	1547,52
2008	4792	10	172722	27616	205140	631638	<b>836778</b>	1338,44
2009	4452		120958	19084	144494	610263	<b>754757</b>	1293,15
2010	2509		122179	13617	138305	623537	<b>761842</b>	1321,28
2011			113522	10528	124051	590012	<b>714063</b>	1250,24

Os dados do período referente a 2004 até 2009 foram extraídos diretamente do INE, pois já são para a Região Centro. Para 2010 recorreu-se aos dados da DGEG a nível Nacional, com ilhas (Tabela 4-A), multiplicando-se a quantidade do combustível (Gasóleo e Gasolina) pela percentagem de afetação indicada na Tabela 6-A, obtendo-se assim o valor de 2010 e 2011 para a Região Centro.

**Tabela 6-A - Afetação dos combustíveis para a região Centro**

2009	Gasóleo Rodoviário (t)	Gasolinas e GPL (t)
Portugal	4831203	1487884,00
Continente	4606900	1416081,00
Região Centro (CCDRC - 77 Concelhos)	12,63%	9,71%

As percentagens de afetação, para a zona abrangida pela CCDRC (77 Concelhos), foram calculadas através da divisão do valor obtido em 2009, para o respetivo combustível, pelo valor total obtido em Portugal (Regiões Autónomas incluídas) nesse mesmo ano.

**Anexo VI – Excedências ao Limiar de Informação ao Público de O<sub>3</sub>**

As tabelas seguintes foram retiradas da base de dados *online* QualAr (URL6) com o intuito de corroborar a escolha dos episódios relativos ao poluente O<sub>3</sub>.

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jun	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	4	16	
Jul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
Ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	11	13	33	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	1	102
Set	0	0	0	0	0	4	10	17	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	1	0	0	0	47	
Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Excedências ao limiar de informação ao público, de O<sub>3</sub>, registados no dia 11-08-2009**

Horas UTC: Hora legal de Inverno = Hora UTC; Hora Legal de Verão = Hora UTC + 1

Estação	Concelho	Zona	Hora UTC		Concentração µg/m <sup>3</sup>
			Início	Fim	
D.Manuel II-Vermoim	Maia	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	197
Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	14:00	14:59	185,6
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	14:00	14:59	186
Arcos	Setúbal	Setúbal (a)	16:00	16:59	188,9
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	17:00	17:59	182
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	18:00	18:59	188
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	19:00	19:59	189

**Excedências ao limiar de informação ao público, de O<sub>3</sub>, registados no dia 12-08-2009**

Horas UTC: Hora legal de Inverno = Hora UTC; Hora Legal de Verão = Hora UTC + 1

Estação	Concelho	Zona	Hora UTC		Concentração µg/m <sup>3</sup>
			Início	Fim	
Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	12:00	12:59	182,6
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	12:00	12:59	183
Loures-Centro	Loures	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	12:00	12:59	183,1
Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Centro Litoral	17:00	17:59	191
Mem Martins	Sintra	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	20:00	20:59	209,2
Loures-Centro	Loures	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	21:00	21:59	180,6
Mem Martins	Sintra	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	21:00	21:59	221,6
Quinta do Marquês	Oeiras	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	21:00	21:59	197,8
Mem Martins	Sintra	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	22:00	22:59	205,8
Quinta do Marquês	Oeiras	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	22:00	22:59	195,3
Mem Martins	Sintra	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	23:00	23:59	207,6

**Figura 1-A – Mapa de excedências ao Limiar de Informação ao Público de O<sub>3</sub> para o Episódio 2 ocorrido em 2009**

## Análise da Qualidade do Ar da Região Centro – Validação de Políticas

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total	
Jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	12	
Jul	0	0	0	0	8	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	2	9	5	9	130
Ago	0	0	0	2	0	11	25	5	2	3	4	0	0	0	2	0	4	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	18	43	1	125	
Set	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
Out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Nov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

### Excedências ao limiar de informação ao público, de O<sub>3</sub>, registados no dia 27-07-2010

Horas UTC: Hora legal de Inverno = Hora UTC; Hora Legal de Verão = Hora UTC + 1

Estação	Concelho	Zona	Hora UTC Início	Hora UTC Fim	Concentração µg/m <sup>3</sup>
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	11:00	11:59	194
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	12:00	12:59	237
Odivelas-Ramada	Odivelas	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	12:00	12:59	184,9
D.Manuel II-Vermoim	Maia	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	192
Leça do Balio-Matosinhos	Matosinhos	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	188
Sobreiras-Lordelo do Ouro	Porto	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	181
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	13:00	13:59	187
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	13:00	13:59	255
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	13:00	13:59	204
Reboleira	Amadora	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	13:00	13:59	188,4
Odivelas-Ramada	Odivelas	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	13:00	13:59	188,5
Pe Joaquim Neves-Baguim	Gondomar	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	193
Ermesinde-Valongo	Valongo	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	196
D.Manuel II-Vermoim	Maia	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	202
Francisco Sá Carneiro-Campanha	Porto	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	184
Sobreiras-Lordelo do Ouro	Porto	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	195
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	14:00	14:59	224

## Análise da Qualidade do Ar da Região Centro – Validação de Políticas

### Excedências ao limiar de informação ao público, de O<sub>3</sub>, registados no dia 28-07-2010

Horas UTC: Hora legal de Inverno = Hora UTC, Hora Legal de Verão = Hora UTC + 1

Estação	Concelho	Zona	Hora UTC Início	Hora UTC Fim	Concentração µg/m <sup>3</sup>
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	11:00	11:59	201
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	12:00	12:59	231
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	12:00	12:59	222
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	13:00	13:59	194
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	13:00	13:59	187
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	13:00	13:59	189
Ervedeira	Leiria	Centro Litoral	13:00	13:59	188
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	14:00	14:59	204
Ervedeira	Leiria	Centro Litoral	14:00	14:59	184
Douro Norte	Vila Real	Norte Interior	15:00	15:59	235
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	15:00	15:59	211
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	15:00	15:59	210
Douro Norte	Vila Real	Norte Interior	16:00	16:59	201
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	16:00	16:59	207
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	16:00	16:59	213
Douro Norte	Vila Real	Norte Interior	17:00	17:59	202
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	17:00	17:59	240
Douro Norte	Vila Real	Norte Interior	18:00	18:59	238
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	18:00	18:59	211
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	18:00	18:59	228
Douro Norte	Vila Real	Norte Interior	19:00	19:59	285
Fundão	Fundão	Centro Interior	19:00	19:59	210
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	19:00	19:59	211
Douro Norte	Vila Real	Norte Interior	20:00	20:59	280
Fundão	Fundão	Centro Interior	20:00	20:59	202
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	20:00	20:59	195

### Excedências ao limiar de informação ao público, de O<sub>3</sub>, registados no dia 29-08-2010

Horas UTC: Hora legal de Inverno = Hora UTC, Hora Legal de Verão = Hora UTC + 1

Estação	Concelho	Zona	Hora UTC Início	Hora UTC Fim	Concentração µg/m <sup>3</sup>
Ermesinde-Valongo	Valongo	Porto Litoral (a)	12:00	12:59	184
Avintes	Gaia	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	196
Avintes	Gaia	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	187
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	14:00	14:59	198
Avintes	Gaia	Porto Litoral (a)	15:00	15:59	183
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	15:00	15:59	196
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	15:00	15:59	185
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	16:00	16:59	195
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	16:00	16:59	184
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	17:00	17:59	197
Instituto Geofísico de Coimbra	Coimbra	Coimbra (a)	17:00	17:59	211
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	17:00	17:59	190
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	17:00	17:59	207
Douro Norte	Vila Real	Norte Interior	18:00	18:59	185
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	18:00	18:59	199
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	18:00	18:59	191
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	18:00	18:59	218
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	19:00	19:59	188

**Excedências ao limiar de informação ao público, de O<sub>3</sub>, registados no dia 30-08-2010**

Horas UTC: Hora legal de Inverno = Hora UTC; Hora Legal de Verão = Hora UTC + 1

Estação	Concelho	Zona	Hora UTC		Concentração µg/m <sup>3</sup>
			Início	Fim	
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	12:00	12:59	185
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	12:00	12:59	182
Custóias-Matosinhos	Matosinhos	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	183
VN Telha-Maia	Maia	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	187
Leça do Balio-Matosinhos	Matosinhos	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	206
Sobreiras-Lordelo do Ouro	Porto	Porto Litoral (a)	13:00	13:59	190
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	13:00	13:59	184
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	13:00	13:59	208
Pe Joaquim Neves-Baguim	Gondomar	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	191
Ermesinde-Valongo	Valongo	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	201
Francisco Sá Carneiro-Campanha	Porto	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	206
Leça do Balio-Matosinhos	Matosinhos	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	189
Sobreiras-Lordelo do Ouro	Porto	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	197
Avintes	Gaia	Porto Litoral (a)	14:00	14:59	263
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	14:00	14:59	226
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	14:00	14:59	189
Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Centro Litoral	14:00	14:59	184
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	15:00	15:59	277
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	15:00	15:59	195
Ervedeira	Leiria	Centro Litoral	15:00	15:59	189
Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Centro Litoral	15:00	15:59	192
Restelo	Lisboa	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	15:00	15:59	185,8
Quinta do Marquês	Oeiras	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	15:00	15:59	202
Escavadeira	Barreiro	Área Metropolitana de Lisboa Sul (a)	15:00	15:59	185,5
Burgães-Santo Tirso	Santo Tirso	Vale do Ave (a)	16:00	16:59	189
Estarreja/Teixugueira	Estarreja	Zona de Influência de Estarreja	16:00	16:59	265
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	16:00	16:59	233
Ervedeira	Leiria	Centro Litoral	16:00	16:59	225
Reboleira	Amadora	Área Metropolitana de Lisboa Norte (a)	16:00	16:59	183,4
Ílhavo	Ílhavo	Aveiro/Ílhavo (a)	17:00	17:59	190
Ervedeira	Leiria	Centro Litoral	17:00	17:59	224
Instituto Geofísico de Coimbra	Coimbra	Coimbra (a)	18:00	18:59	212
Ervedeira	Leiria	Centro Litoral	18:00	18:59	221
Fornelo do Monte	Vouzela	Centro Interior	18:00	18:59	230
Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Centro Litoral	18:00	18:59	212
Instituto Geofísico de Coimbra	Coimbra	Coimbra (a)	19:00	19:59	212
Ervedeira	Leiria	Centro Litoral	19:00	19:59	208
Montemor-o-Velho	Montemor-o-Velho	Centro Litoral	19:00	19:59	207
Instituto Geofísico de Coimbra	Coimbra	Coimbra (a)	20:00	20:59	201

**Figura 2-A** – Mapa de excedências ao Limiar de Informação ao Público de O<sub>3</sub> para os Episódios 3 e 5 ocorridos em 2010