



Candidatura NORTE 2015

PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL

Eixo Prioritário I
Governação e Capacitação Institucional

NORTE - 07-0927-FEDER-000137

NORTE 2015

Ação 3



Ambiente e
Ordenamento do Território

Plano de qualidade da Região Norte – NO2

Setembro 2011

IMA61.11-11/01.03

SETEMBRO 2011

Plano de qualidade do ar da Região Norte—NO₂

Trabalho promovido pela CCDR-N e realizado pelo IDAD e Departamento de Ambiente da Universidade de Aveiro, ao abrigo das obrigações decorrentes do Decreto-Lei 102/2010, de 23 de Setembro

IMA 61.11-11/01.03

SETEMBRO 2011

Ficha técnica

Designação do Projecto:	Plano de qualidade do ar da Região Norte – NO2
Cliente:	CCDR-N Rua Rainha D. Estefânia, 251 4150-304 Porto
Nº do Relatório:	IMA 61.11/01.03
Tipo de Documento:	Relatório
Data de Emissão:	9 de Setembro de 2011
Elaboração:	Alexandra Monteiro Anabela Carvalho Daniel Coelho Daniela Dias Elisa Sá
Coordenação:	Carlos Borrego Ana Isabel Miranda

Equipa Técnica

O presente relatório foi elaborado pela seguinte equipa técnica:

Carlos Borrego (Professor Catedrático, DAO/IDAD)

Ana Isabel Miranda (Professora Associada, DAO)

Alexandra Monteiro (Doutora em Ciências Aplicadas ao Ambiente)

Anabela Carvalho (Doutora em Ciências Aplicadas ao Ambiente)

Daniel Coelho (Mestre em Engenharia do Ambiente)

Daniela Dias (Mestre em Engenharia do Ambiente)

Elisa Sá (Mestre em Engenharia do Ambiente)

Índice

1. PREFÁCIO	1
2. DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DO AR (NO₂)	3
2.1. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E REDE DE QUALIDADE DO AR	3
2.2. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR (NO ₂).....	8
2.2.1. <i>Valor Limite horário</i>	9
2.2.2. <i>Média anual</i>	10
2.3. ESTIMATIVA DA ÁREA E POPULAÇÃO AFECTADAS PELAS ULTRAPASSAGENS DO VL+MT DE NO ₂	13
3. EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DE ÓXIDOS DE AZOTO	15
3.1. EMISSÕES DE NO _x NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA CCDR- N	15
3.1.1. <i>Transporte rodoviário</i>	17
3.1.2. <i>Outras fontes móveis</i>	19
3.1.3. <i>Indústria, incluindo a produção de calor e energia</i>	20
3.1.4. <i>Combustão Residencial e Comercial</i>	21
3.1.5. <i>Agricultura</i>	22
3.1.6. <i>Transporte Marítimo</i>	23
3.1.7. <i>Incêndios Florestais</i>	23
3.2. EMISSÕES DE NO _x NA REGIÃO EM INCUMPRIMENTO DA CCDR-N	25
3.3. ANÁLISE TEMPORAL DAS EMISSÕES.....	31
4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DAS EXCEDÊNCIAS	32
4.1. ULTRAPASSAGENS AO VL HORÁRIO	32
4.1.1. <i>Análise dos dados monitorizados em ERM – ano 2009</i>	32
4.1.2. <i>Análise de NO₂ vs outros poluentes</i>	33
4.1.3. <i>Comparação dos níveis de NO₂ em ERM e estações vizinhas</i>	34
4.1.4. <i>Análise das condições meteorológicas</i>	36
4.1.5. <i>Análise das condições sinópticas e retrotrajectórias das massas de ar</i>	38
4.1.6. <i>Discussão da origem do episódio</i>	40
4.2. ULTRAPASSAGENS AO VL MÉDIO ANUAL.....	43
5. ESTUDO E SELECÇÃO DE MEDIDAS	47
5.1. MEDIDAS DE ÂMBITO MUNICIPAL.....	48
5.2. MEDIDAS DE ÂMBITO SUPRA-MUNICIPAIS.....	49
6. MODELAÇÃO DA QUALIDADE DO AR	51
6.1. MODELO DE QUALIDADE DO AR TAPM	51
6.2. MODELAÇÃO DA QUALIDADE DO AR PARA A REGIÃO DE ESTUDO	52
6.2.1. <i>Avaliação do modelo TAPM</i>	53
6.2.2. <i>Avaliação do impacto das medidas nas emissões e concentrações de NO₂</i>	57
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXO A - ANÁLISE DO IMPACTO DAS MEDIDAS DO PERN NAS EMISSÕES DE NO_x	69

**ANEXO B - IMPACTO DAS MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DIRECCIONADAS PARA O TRÁFEGO
RODOVIÁRIO NAS EMISSÕES DE NO_x..... 1**

Lista de acrónimos

AEP	Associação Empresarial de Portugal
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CCDR-N	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional - Norte
GNR/SEPNA	Guarda Nacional Republicana – Serviço de Protecção da Natureza e Ambiente
IGAOT	Inspeção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território
IPQ	Instituto Português da Qualidade
JMP	Junta Metropolitana do Porto
LIPOR	Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto
MAOTDR	Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional
MOPTC	Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações
PSP	Comando Metropolitano do Porto – PSP
STCP	Sociedade de Transportes Colectivos do Porto

1. Prefácio

O presente trabalho resulta do protocolo de colaboração entre a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N) e o Instituto do Ambiente e Desenvolvimento (IDAD) intitulado “Consultadoria para elaboração de pedido de prorrogação do prazo de cumprimento dos Valores Limite (VL) de dióxido de azoto (NO₂) no ar ambiente e para a monitorização do Programa de Execução do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Norte”. De acordo com o Decreto-Lei nº 102/2010 de 23 de Setembro, se numa determinada zona ou aglomeração os valores limite (VL) fixados para dióxido de azoto (NO₂) no ar ambiente não possam ser respeitados nos prazos fixados no mesmo DL, estes podem ser prorrogados no máximo por cinco anos, desde que seja estabelecido um plano de qualidade do ar e solicitada a prorrogação dos prazos. A isenção de aplicação de VL para NO₂ pode também ser solicitada, caso o incumprimento se deva a características de dispersão específicas do local, a condições climáticas desfavoráveis ou a contributos transfronteiriços.

Este relatório apresenta o Plano de Qualidade do Ar da Região Norte para o NO₂, sendo o principal suporte técnico e científico de apoio à elaboração do formulário de prorrogação do período de cumprimento dos VL de NO₂ até 2015. Inclui os seguintes conteúdos:

- Caracterização das concentrações atmosféricas de NO₂ na Região Norte;
- Identificação e análise das zonas em excedência, bem como caracterização do tipo de zona envolvente, e estimativa da área e da população afectadas;
- Quantificação das principais fontes emissoras de óxidos de azoto (NO_x) na Região Norte;
- Identificação da origem das excedências aos VL de NO₂;
- Análise das medidas de melhoria da qualidade do ar para o cumprimento dos VL de NO₂;
- Avaliação do impacte das medidas de redução de emissões de NO_x nas concentrações atmosféricas de NO₂ na Região Norte.

2. Diagnóstico da qualidade do ar (NO₂)

A avaliação dos níveis de NO₂ registados na Região Norte compreende um estudo detalhado dos dados de qualidade do ar medidos na rede de monitorização da qualidade do ar da região, tendo em conta as exigências presentes na legislação europeia e nacional.

2.1. Enquadramento legislativo e rede de qualidade do ar

A qualidade do ar tem vindo a ser alvo de um vasto trabalho por parte da Comissão Europeia, nomeadamente na revisão da legislação, tentando incorporar os últimos progressos científicos e técnicos neste domínio, bem como a experiência adquirida nos Estados-Membros. A 21 de Maio de 2008 foi publicada a Directiva 2008/50/EC que agrega num único acto legislativo as disposições legais da Directiva 96/62/CE, de 27 de Setembro, e das três primeiras directivas filhas (Directivas 1999/30/CE, de 22 de Abril, 2000/69/CE, de 16 de Novembro, e 2002/3/CE, de 12 Fevereiro) relativas aos poluentes SO₂, NO₂, NO_x, PM₁₀, Pb, C₆H₆, CO e O₃, e a Decisão 97/101/CE do Conselho, de 27 de Janeiro de 1997. Esta Directiva foi transposta para a ordem jurídica nacional pelo Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de Setembro, que agregou ainda a quarta Directiva filha (Directiva 2004/107/CE, de 15 de Dezembro), relativa ao arsénio, ao cádmio, ao mercúrio, ao níquel e aos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos no ar ambiente. A Figura 1 ilustra e resume a legislação europeia e nacional em termos de qualidade do ar.

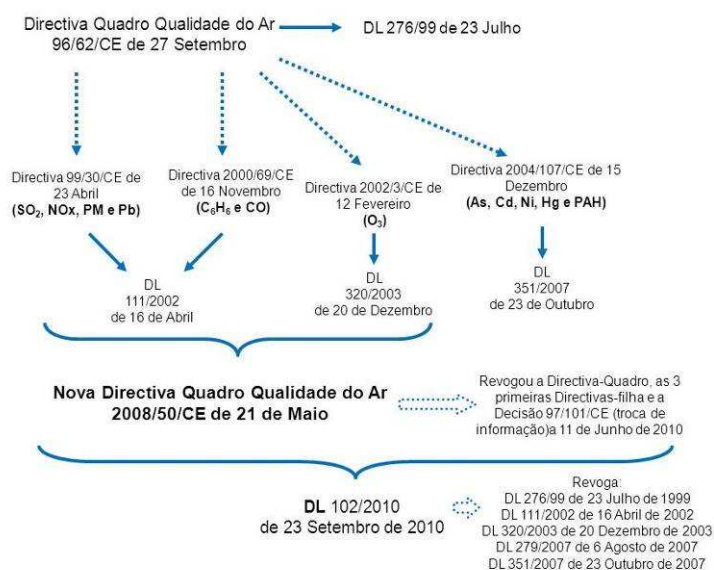
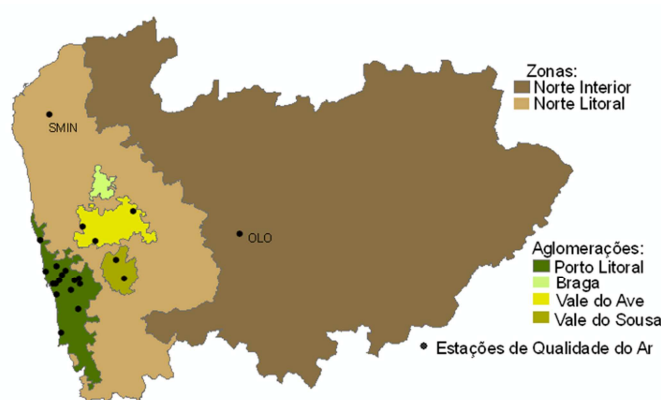


Figura 1. Esquema ilustrativo da legislação europeia e nacional no âmbito da Qualidade do Ar.

De acordo com as especificações da legislação em vigor o território nacional foi dividido em zonas e aglomerações onde a medição da qualidade do ar é obrigatória. Pelo DL n.º 102/2010, de 23 de Setembro, uma zona define-se como uma “área geográfica de características homogéneas, em termos de qualidade do ar, ocupação do solo e densidade populacional”, e uma aglomeração como uma “zona caracterizada por um número de habitantes superior a 250 000 ou em que a população seja igual ou fique aquém de tal número de habitantes, desde que não inferior a 50 000, sendo a densidade populacional superior a 500 hab.km⁻²”. Para efeitos de gestão da qualidade do ar, a Região Norte encontra-se dividida em 2 zonas e 4 aglomerações: Zonas Norte Litoral e Interior e Aglomerações de Braga, Vale do Ave, Vale do Sousa e Porto Litoral, tendo, em 2010, um total de 24 estações de qualidade do ar (Figura 2).



AGLOMERAÇÕES			
Porto Litoral	Braga	Vale do Ave	Vale do Sousa

ANT- Antas; AVI - Avintes; AGST - Águas Santas; BAG - Bagueim; BUR - Burgães; CAL - Calendário; CIR - Circular Sul; CUS - Custóias; ERM - Ermesinde; ESP - Espinho; GUI - Guimarães; HOR - Horto; LAT - Centro Lacticínios; LEC - Leça do Balio; MAT - Matosinhos; OLO - Lamas d'Olo; PAR - Paredes; PER - Perafita; SHOR - Senhora da Hora; SMIN - Senhora do Minho; SOB - Sobreiras; VCON - Vila do Conde; VER - Vermoim; VNT - Vila Nova da Telha.

Figura 2. Identificação das zonas e aglomerações da Região Norte e sua rede de monitorização da qualidade do ar (2010).

A rede de monitorização da qualidade do ar da Região Norte (Figura 2) iniciou o seu funcionamento em 1992, tendo vindo a aumentar o número de estações de qualidade do ar existentes activas. A Figura 3 apresenta a evolução do número de estações de qualidade do ar, desde 2000 até 2010, da rede de monitorização da Região Norte.

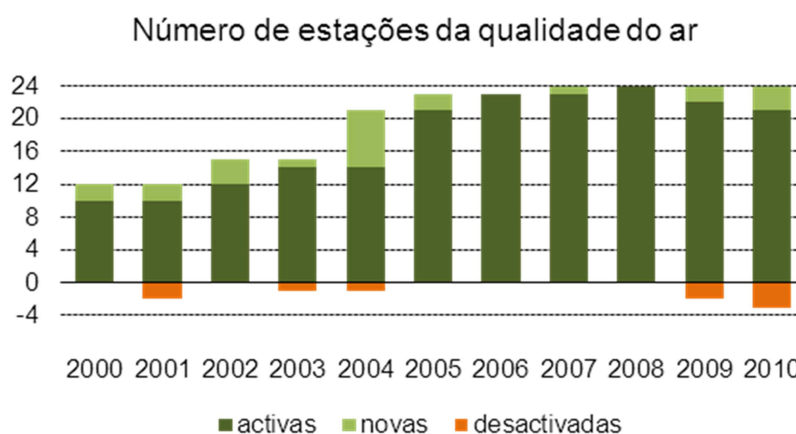


Figura 3. Evolução do número de estações de qualidade do ar (2000-2010) na Região Norte.

Esta evolução resulta do facto de, em 2004, a CCDR-N ter alargado a sua área de avaliação da qualidade do ar a 4 aglomerações e 2 zonas, tal como descrito anteriormente.

De acordo com o disposto no Decreto-Lei Nº 102/2010, de 23 de Setembro, as estações de monitorização da qualidade do ar devem cumprir os objetivos de qualidade dos dados, para a avaliação no ar ambiente, dos poluentes dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de azoto (NO₂), óxidos de azoto (NO_x), monóxido de carbono (CO), benzeno (C₆H₆), partículas (PM₁₀ e PM_{2,5}), ozono (O₃), chumbo (Pb), metais pesados e benzo(a)pireno fixados nos respectivos Anexo II e XXI, bem como os métodos de medição de referência estipulados no Anexo VII.

O mesmo diploma legal estabelece ainda, no Artigo 5º, que a delimitação das zonas e aglomerações deve ser revista de cinco em cinco anos, em função dos resultados da avaliação da qualidade do ar ambiente e de alterações dos critérios que determinam a sua delimitação.

Assim, em 2009, a CCDRN efetuou uma reavaliação das suas zonas e aglomerações, do qual resultou um conjunto de alterações na sua configuração, com o objetivo de relocalizar estações que não cumpriam os critérios de localização de micro e macro escala, definidos na legislação. Estas alterações

assentaram na realocação de estações de tráfego para locais do tipo suburbano e urbano de fundo e decorreram entre 2009 e 2010.

Em 2009, a estação localizada no Parque de Jogos de Azurara, em Vila do Conde foi realocada para Mindelo, passando a ser suburbana de fundo e a estação localizada em Santo Tirso foi transferida para o Parque Urbano da Rabada, dentro do mesmo concelho, mantendo a tipologia de urbana de fundo.

Em 2010, é de salientar a realocação da antiga estação da Boavista, em Julho, para a estação de Avintes (Vila Nova Gaia), que é do tipo urbana de fundo, a transferência da estação de Espinho para um novo local (Anta), dentro do mesmo concelho, com uma localização do tipo suburbana de fundo e, ainda, que a estação de Matosinhos, localizada na Rua Augusto Gomes, foi realocada para a Rua da Seara (dentro do mesmo concelho), passando a ser do tipo industrial.

Por outro lado, à data da realização deste Plano de Qualidade do Ar, a CCDR-N, cumprindo as directrizes da Agência Portuguesa do Ambiente, efectuou nova avaliação da sua rede de medida, tendo em conta os requisitos estipulados no DL nº 102/2010, de 23 de Setembro, que determinam a estratégia de avaliação da qualidade do ar em zonas e aglomerações. Esta avaliação teve como base a verificação dos requisitos para a avaliação das concentrações dos diversos poluentes nas 4 aglomerações e 2 zonas da Região Norte, bem como os critérios para a determinação do número mínimo de pontos de amostragem para medição fixa, fixados no Anexo VI do Decreto-Lei Nº 102/2010, de 23 de Setembro. Desta avaliação resultou uma nova remodelação da rede de medida da qualidade do ar da Região Norte, que assentou na desativação das estações de Baguim, Calendário e Águas Santas e na retirada de 39 analisadores, com efeitos a partir de Janeiro de 2012.

Nesta avaliação justificou-se ainda fazer uma revisão das aglomerações da Região Norte dada a evolução, quer em termos de crescimento económico, quer em termos de dinâmica populacional, que se tem vindo a registar desde a sua criação em 2004. Verificou-se, então, que as regiões do Tâmega, Ave e Cávado, as quais abrangem as aglomerações de Braga, Vale do Ave e Vale do Sousa, apresentam idênticos padrões demográficos e forte especialização relativa nas indústrias transformadoras. Apesar de pequenas diferenças, essa especialização é comum mesmo quando se analisam os respectivos perfis mais desagregados em termos sectoriais. Sendo as fontes antropogénicas de emissão de poluentes idênticas nas três regiões, estas devem ser tratadas como homogéneas no que respeita à monitorização da qualidade do ar. Assim, as 3 aglomerações: Vale do Ave, Vale do Sousa e Braga foram fundidas, com efeitos a partir de Janeiro de 2012, na aglomeração Entre Douro e Minho.

No que diz respeito ao diagnóstico da qualidade do ar na Região Norte nos últimos anos, verificou-se que ocorreram excedências aos valores limite horários e anuais fixados na legislação para ao NO₂. Na Tabela 1 apresenta-se um resumo

dos valores limite e margens de tolerância a aplicar ao NO₂, de acordo com a legislação nacional em vigor para o período em análise.

Tabela 1. Evolução dos valores limite e margens de tolerância de acordo com a legislação nacional.

		NO ₂	
Período de referência	Valor limite (µg.m ⁻³)	Margem de tolerância (µg.m ⁻³)	
		Ano	Valor
Uma hora	200(*)	2002	80
		2003	71
		2004	60
		2005	50
		2006	40
		2007	30
		2008	20
		2009	10
		2010	0
		Anual	40
2003	14		
2004	12		
2005	10		
2006	8		
2007	6		
2008	4		
2009	2		
2010	0		

(*) não exceder mais de 18 vezes no ano civil

As estações de qualidade do ar em Portugal, e conseqüentemente na Região Norte, são classificadas consoante o ambiente em que se inserem e a influência que sofrem:

- Ambiente:
 - Urbana (localizada em ambiente urbano – cidades);
 - Suburbana (localizada na periferia das cidades);
 - Rural (localizada em ambiente rural).
- Influência:
 - Tráfego (monitoriza qualidade do ar resultante das emissões directas do tráfego);
 - Industrial (monitoriza qualidade do ar resultante das emissões directas da indústria);
 - Fundo (não monitoriza a qualidade do ar resultante das emissões directas de nenhuma fonte em particular; representam a poluição a que qualquer cidadão está sujeito, mesmo que viva longe de fontes de emissão).

A Tabela 2 contém a listagem das estações de qualidade do ar da Região Norte que medem o NO₂, em 2010, o respectivo concelho e sua classificação, tendo em

conta o tipo de ambiente e de influência. Apresenta também a eficiência de recolha de dados para cada uma das estações, verificando-se que as estações de Avintes, Leça do Balio, Perafita, Centro Lacticínios, Senhora do Minho e de Lamas de Olo não apresentam eficiência mínima na recolha de dados (>85%).

Tabela 2. Classificação das estações de qualidade do ar da Região Norte para o NO₂ em 2010.

Estação de qualidade do ar	Concelho	Data de início	Tipo ambiente	Tipo influência	Eficiência (%)
Aglomeração Porto Litoral					
Antas	Porto	Out-00	urbana	tráfego	99
Sobreiras		Dez-07	urbana	fundo	100
Avintes	Vila Nova de Gaia	Jul-10	urbana	fundo	47
Baguim	Gondomar	Nov-98	urbana	tráfego	97
Ermesinde	Valongo	Out-98	urbana	fundo	99
Espinho	Espinho	Ago-00	urbana	tráfego	89
Leça do Balio	Matosinhos	Out-99	suburbana	fundo	68
Matosinhos		Set-02	urbana	tráfego	89
Custóias	Matosinhos	Set-98	suburbana	fundo	97
Perafita	Senhora da Hora	Ago-02	urbana	industrial	69
Senhora da Hora		Set-01	urbana	tráfego	94
Águas Santas	Maia	Fev-05	urbana	tráfego	86
Vermoim		Nov-99	urbana	tráfego	98
Vila Nova da Telha	Vila do Conde	Out-98	suburbana	fundo	99
Mindelo		Dez-09	suburbana	fundo	94
Aglomeração de Braga					
Circular Sul	Braga	Mar-04	urbana	tráfego	95
Horto		Mar-04	suburbana	fundo	97
Aglomeração de Vale do Sousa					
Centro de Lacticínios	Paços de Ferreira	Fev-04	urbana	fundo	71
Paredes	Paredes	Jan-04	urbana	tráfego	97
Aglomeração de Vale do Ave					
Burgães	Santo Tirso	Dez-09	urbana	fundo	87
Calendário	Famalicão	Mar-04	suburbana	fundo	99
Guimarães	Guimarães	Abr-04	urbana	tráfego	100
Zona Norte Litoral					
Senhora do Minho	Viana do Castelo	Mar-05	rural	fundo	56
Zona Norte Interior					
Lamas de Olo	Vila Real	Fev-04	rural	fundo	82

2.2. Avaliação da qualidade do ar (NO₂)

Como a legislação nacional para o NO₂ apresenta valores limite, e respectivas margens de tolerância, apenas a partir do ano de 2002, a análise de qualidade do ar para este poluente foi realizada tendo como início esse mesmo ano. De seguida apresenta-se a análise dos dados relativamente aos valores limite legislados relativos à *média horária* e à *média anual*.

2.2.1. Valor Limite horário

De acordo com DL n.º 102/2010, de 23 de Setembro, o número máximo de excedências ao VL horário acrescido da respetiva MT permitido, é de 18 vezes num ano civil. Apresentam-se na Tabela 4 as ultrapassagens ao VL horário acrescido da MT para o NO₂, para cada estação de qualidade do ar, em cada ano do período 2002-2010, tendo em conta o valor mínimo de recolha de dados de 85%.

Tabela 4. Número de ultrapassagens ao valor limite horário.

Nº ultrapassagens									
Estações qualidade do ar	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Águas Santas						10	10	9	6
Antas	0	0	0	0	0	5	3	1	6
Avintes									
Baguim		0	0	0	0	0	0	0	0
Boavista	0	0		0	0	1	0	2	
Burgães									0
C. Lactínios			0	0		0	0	0	
C. sul				0	0	2	0	0	0
Calendário				0	0	0	0		0
Custóias	0		0	0	0	0		13	1
Ermesinde	0	0	0	0	0	1	1	28	0
Espinho	0	0	0	0		0	0	0	0
Guimarães				0	0	0	0	0	0
Horto			0	0	0	0	0	0	0
Lamas d'Olo			0	0	0	0	0	0	
Leça Balio	0	0	0	8			0	0	
Matosinhos		3	0	0	0	0	7	1	1
Mindelo									0
Paredes			0	0	0	0	0	0	0
Perafita		0	0	0	0	0	0	0	
Rua dos Bragas									
Rua Formosa	0								
S. Hora	0	0	0	0		0			2
S. Minho								0	
S.Tirso			0	0	0	0	0		
Sobreiras								0	0
V. Conde		0			0	0	0		
V.N. Telha	0	0	0	0	0	0		0	0
Vermoim	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Total	0	3	2	8	0	19	21	54	9

Pela Tabela 4 verifica-se que apenas a estação de qualidade do ar de Ermesinde se encontra em incumprimento, no que diz respeito ao VL horário, por apresentar mais do que 18 excedências por ano em 2009 (28 excedências).

2.2.2. Média anual

Nas Figuras 4 a 6 apresenta-se a evolução da média anual de NO₂ nas estações de qualidade do ar da Região Norte desde 2002 e o VL + MT aplicável para o respectivo ano.

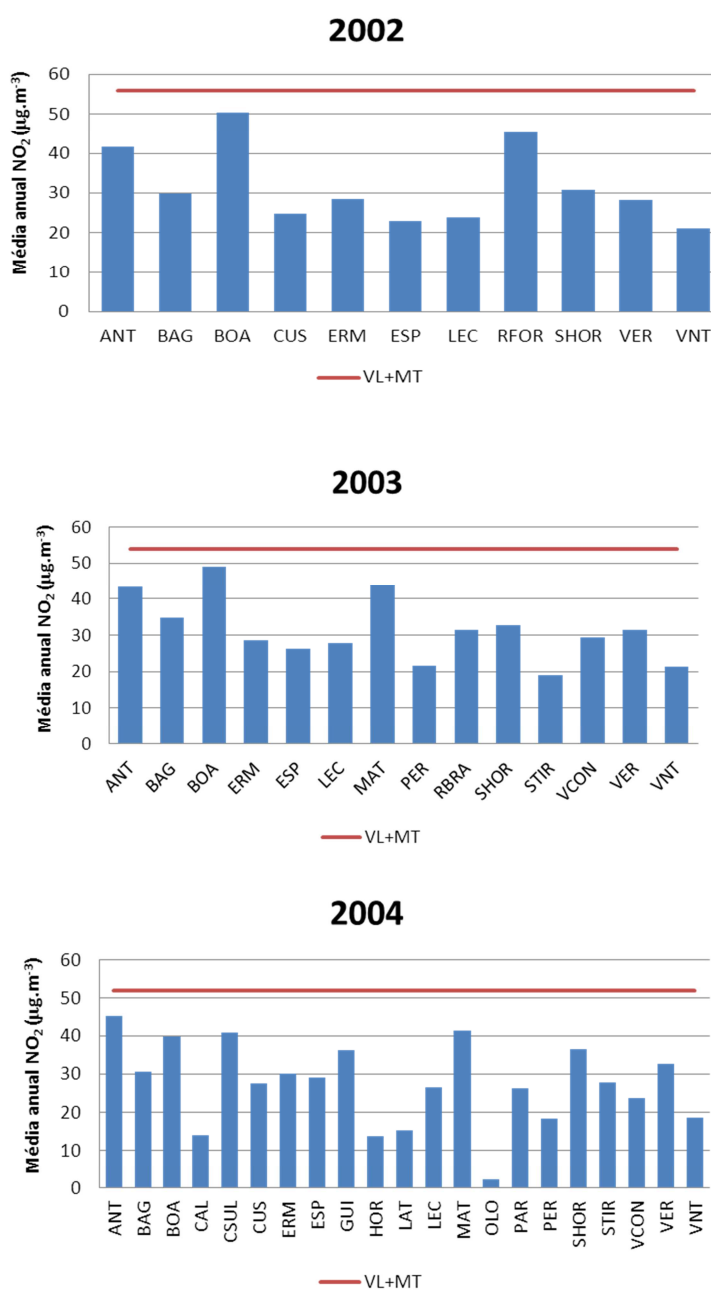


Figura 4. Média anual de NO₂ das estações activas de qualidade do ar (2002-2004) da Região Norte.

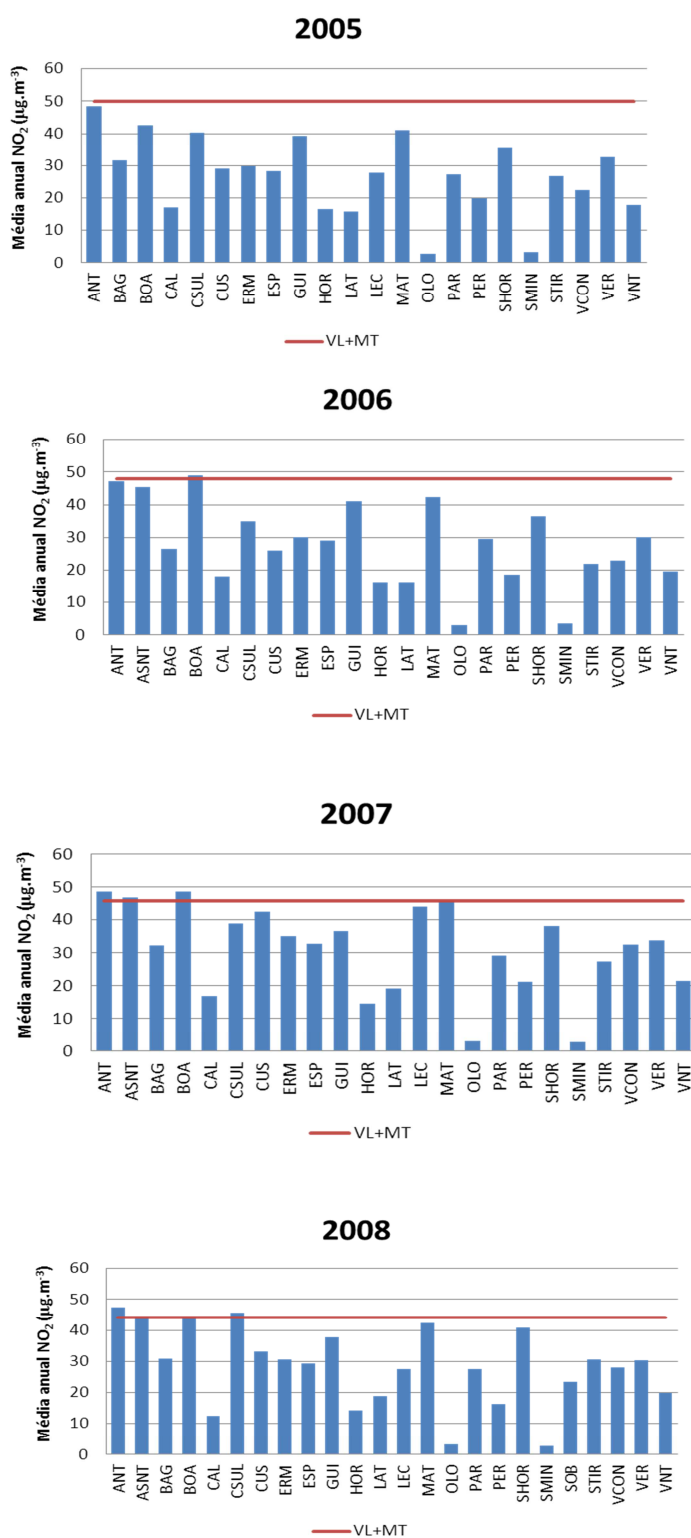


Figura 5. Média anual de NO₂ das estações activas de qualidade do ar (2002-2008) da Região Norte.

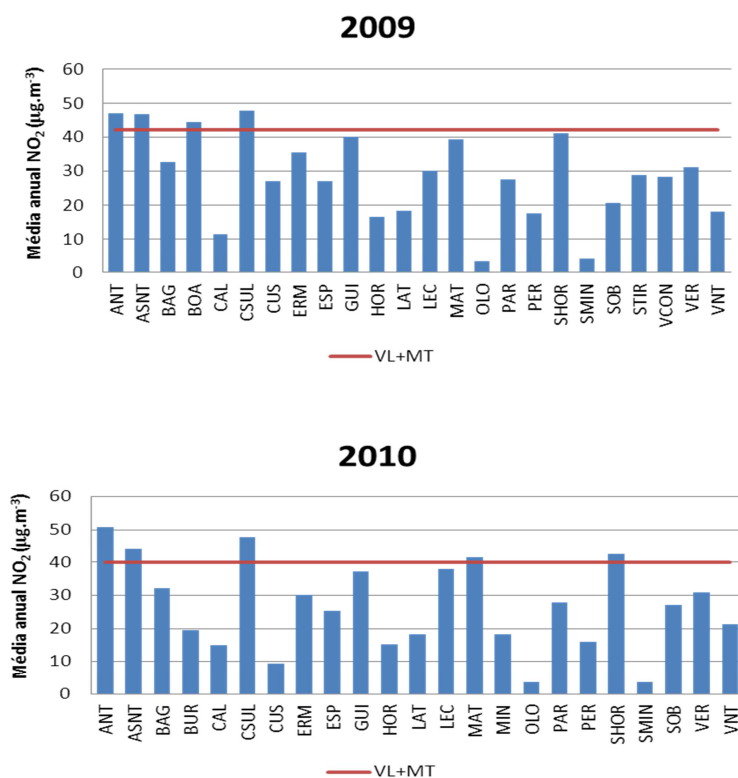


Figura 6. Média anual de NO₂ das estações activas de qualidade do ar (2009-2010) da Região Norte.

Pelas Figuras 4 a 6 verifica-se que várias são as estações de qualidade do ar que excedem o valor limite para o período de referência de um ano desde 2006. A Tabela 3 resume as estações de qualidade do ar com excedência ao VL+MT e respectiva eficiência da recolha dos dados.

Tabela 3. Estações de qualidade do ar que excederam o valor-limite para o período de referência de um ano e respectiva eficiência de recolha dos dados.

Estação de qualidade do ar	Ano da excedência	VL+MT	Média anual	Eficiência (%)
Boavista	2006	48	49	99
Boavista	2007	46	49	100
Águas Santas	2007	46	47	97
Antas	2007	46	49	92
C. sul	2008	44	46	93
Antas	2008	44	47	95
Boavista	2009	42	45	96
Águas Santas	2009	42	47	91
C. sul	2009	42	48	93
Antas	2009	42	47	99
S. Hora	2010	40	43	94
C. sul	2010	40	48	95
Antas	2010	40	51	99

Matosinhos	2010	40	42	89
Águas Santas	2010	40	44	86

Pela Tabela 3 verifica-se que todas as estações de qualidade do ar em incumprimento ao VL anual e MT de NO₂ são estações de tráfego e pertencem à Aglomeração de Porto Litoral (Boavista, Antas, Águas Santas, Senhora da Hora e Matosinhos) e à Aglomeração de Braga (Circular Sul).

2.3. Estimativa da área e população afectadas pelas ultrapassagens do VL+MT de NO₂

A estimativa da área em que a concentração de NO₂ excedeu os parâmetros previstos na legislação foi realizada, para cada uma das estações onde se verificaram ultrapassagens, tendo em conta o tipo de ambiente (urbana/suburbana/rural) e de influência (fundo/tráfego/industrial) que as caracterizam.

Para a determinação da área de representatividade recorreu-se a gamas de influência das estações de monitorização indicadas na literatura (EEA, 1999), como se apresenta na Tabela 5.

Tabela 5. Raio de representatividade das estações de monitorização de qualidade do ar (EEA, 1999).

Tipo de estação	Raio de representatividade (m)
Tráfego (urbana)	Não aplicável
Industrial (urbana)	10 - 100
Fundo urbana	100 - 1000
Fundo suburbana	1000 - 5000

Como referido anteriormente, as estações de monitorização que registaram ultrapassagens ao VL+MT de NO₂ entre 2006 a 2010 foram todas do tipo tráfego. Uma vez que, para este tipo de estações, não existe um raio de representatividade definido na literatura, a estimativa da área afectada pela ultrapassagem do valor limite realizou-se de acordo com o conhecimento local e do tipo de via rodoviária existente na proximidade de cada estação. Assim, para o cálculo da área de influência deste tipo de estações foi utilizado um raio de 0.3 km.

Na Figura 7 estão representadas as áreas de influência estimadas, para as ultrapassagens verificadas entre 2006 e 2010 nas estações da Região Norte.

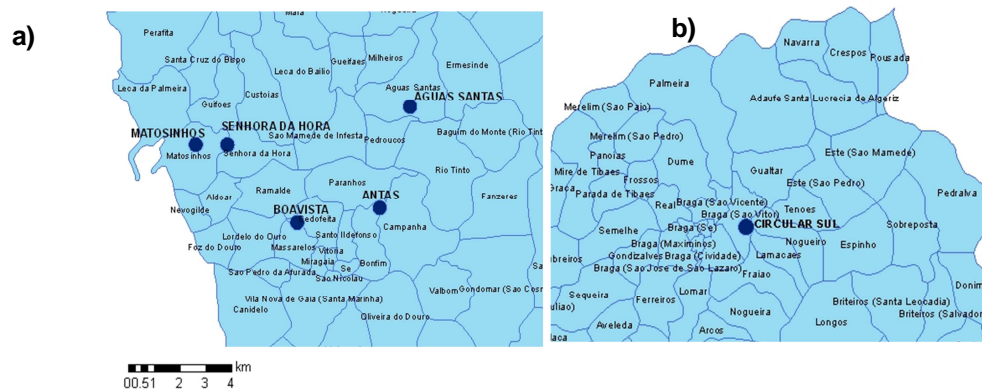


Figura 7. Representação espacial da área afectada pela ultrapassagem do VL+MT de NO₂ nas estações em incumprimento entre os anos 2006 a 2010, nas Aglomerações de Porto Litoral (a) e de Braga (b).

Para o cálculo da população potencialmente afectada recorreu-se aos dados mais recentes disponíveis, “Census 2001” (URL 1), de acordo com a área estimada. Na Tabela 6 apresentam-se os valores da área e da população residente, estimados para todas as estações em incumprimento ao VL+MT de NO₂ entre 2006 e 2010.

Tabela 6. Estimativa da área e população afectadas pela ultrapassagem do VL+MT de NO₂ entre 2006 e 2010.

Aglomeração	Estação	Classificação	Raio de influência (km)	Área de influência (km ²)	População estimada (hab)
Porto Litoral	Águas Santas				14
	Antas				2 274
	Boavista	Urbana tráfego	0,3	0,28	2 057
	Matosinhos				1 488
	Sr.ª da Hora				1 659
Braga	Circular Sul	Urbana tráfego	0,3	0,28	2 093

Salienta-se que a estimativa da população afectada pelas ultrapassagens dos limites de concentração de poluentes atmosféricos deve ser sustentada com campanhas de medição e/ou modelação, que permitam verificar e comprovar os dados estimados. Assim sendo, os valores aqui estimados devem ser interpretados como uma indicação da ordem de grandeza da população afectada pela poluição atmosférica.

3. Emissões atmosféricas de óxidos de azoto

Para a compreensão dos níveis de NO_2 no ar ambiente é fundamental para o conhecimento sobre as suas emissões para a atmosfera.

Os óxidos de azoto (NO_x), emitidos para a atmosfera por uma variedade de fontes naturais e antropogénicas, constituem um dos grupos de gases altamente reactivos. A maior parte das emissões de NO_x estão associadas a processos de combustão a altas temperaturas, sendo o sector dos transportes uma das suas principais fontes.

O tráfego rodoviário, responsável por grande parte das emissões antropogénicas de NO_x , é principalmente notório em áreas urbanas onde a situação é agravada pelo facto de um maior número de pessoas estarem expostas aos poluentes emitidos. Outras emissões significativas provêm da produção de energia eléctrica e da combustão industrial. Os incêndios florestais são considerados a principal fonte natural do dióxido de azoto.

As emissões deste poluente ocorrem principalmente sob a forma de NO , dando-se a sua oxidação em NO_2 . O NO_2 , por sua vez, intervém na fotoquímica da troposfera e da estratosfera em muitas outras reacções chave, sendo importantes nos processos de produção de ozono troposférico. A sua remoção da troposfera é efectuada de forma eficiente com tempos de residência de poucos dias, por reacção com o radical hidroxilo (OH), dando origem ao ácido nítrico (HNO_3), rapidamente removido por deposição húmida, contribuindo para as chuvas ácidas e também para a eutrofização de lagos e rios.

3.1. Emissões de NO_x na área de influência da CCDR- N

No sentido de avaliar o panorama na área de influência da CCDR-N no que se refere a emissões de óxidos de azoto, é importante estimar e analisar as suas emissões totais de NO_x , bem como a contribuição dos diferentes sectores de actividade.

Os sectores de actividade analisados no presente estudo são:

- ✓ indústria, incluindo a produção de calor e energia,
- ✓ transporte rodoviário,
- ✓ outras fontes móveis,

- ✓ combustão residencial e comercial,
- ✓ transporte marítimo,
- ✓ agricultura,
- ✓ incêndios florestais.

Salienta-se que os valores de emissões apresentados para os diferentes sectores de actividade, com excepção do transporte rodoviário, foram obtidos a partir do inventário nacional de emissões mais actual, desenvolvido pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2010). Quanto às emissões associadas ao transporte rodoviário, estas correspondem aos valores apresentados no inventário de emissões mais recente disponível para a Região Norte (Borrego *et al.*, 2009a).

Apresenta-se, de seguida, uma análise espacial de emissões de óxidos de azoto, desagregadas ao nível do concelho e por sector de actividade, que permite identificar as regiões onde os níveis de emissões de poluentes atmosféricos são mais elevados e os principais sectores de actividade responsáveis.

Na Figura 8 encontra-se a distribuição das emissões totais de NO_x, em área, estimadas para a Região Norte.

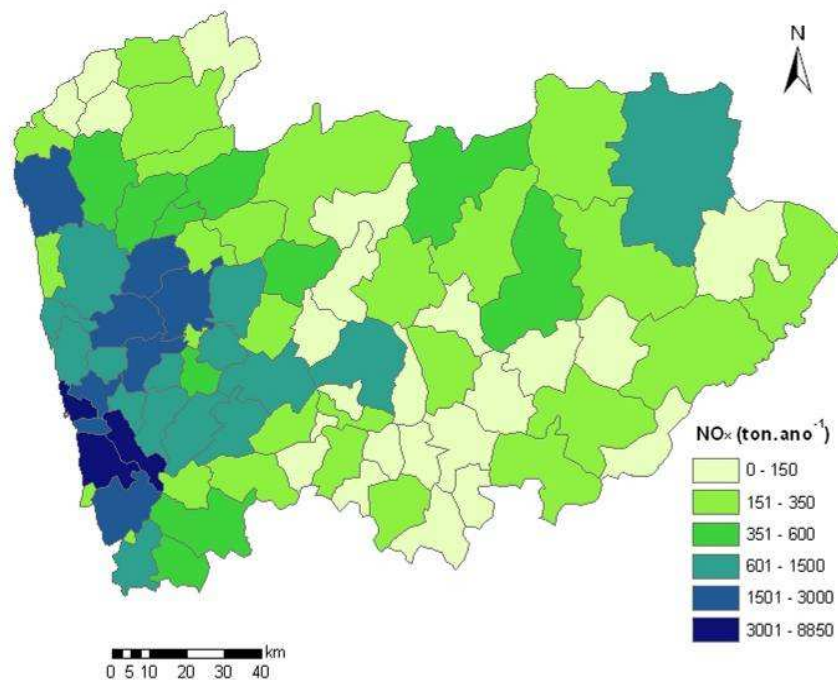


Figura 8. Distribuição espacial das emissões totais de NO_x (ton.ano⁻¹) na área de influência da CCDR-N.

Da análise da Figura 8 conclui-se que as áreas onde as emissões totais são mais elevadas concentram-se na região do Grande Porto, destacando-se o município de Matosinhos, a cidade do Porto e área urbana envolvente e ainda as zonas urbanas e industriais de Braga e Guimarães.

A contribuição de cada sector de actividade na área de influência da CCDR-N é apresentada na Figura 9.

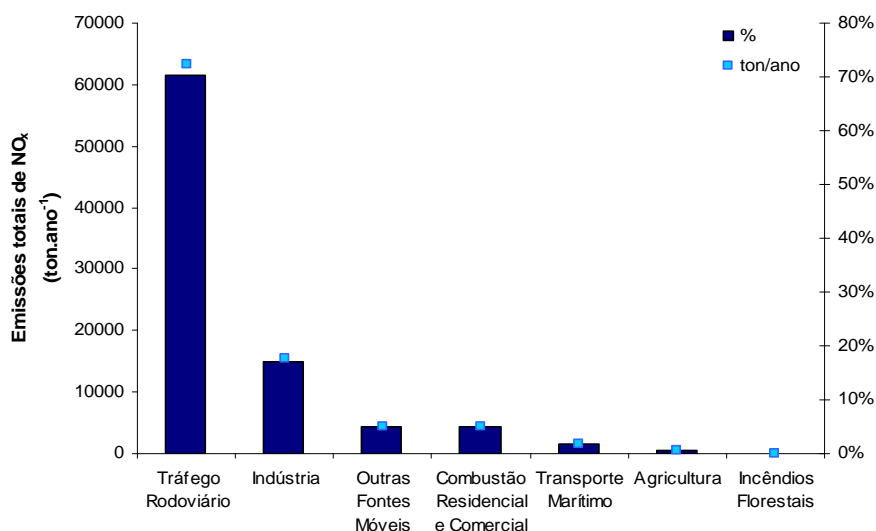


Figura 9. Distribuição das emissões de NO_x pelas várias actividades poluidoras (ton/ano e %), na área de influência da CCDR-N.

Tal como referido anteriormente, é notória a contribuição das actividades antropogénicas para as emissões de NO_x, sendo o sector associado ao transporte rodoviário o que mais contribui para as emissões na área de influência da CCDR-N.

Adicionalmente à análise espacial das emissões totais de óxidos de azoto, de seguida quantifica-se e analisa-se as emissões de NO_x por sectores de actividade, permitindo identificar os que apresentam maior contribuição.

3.1.1. Transporte rodoviário

As emissões associadas ao tráfego rodoviário foram estimadas através da aplicação do modelo TREM – Transport Emission Model for Line Sources (Tchepel, 2003), desenvolvido no Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro, com base na metodologia proposta no âmbito dos projectos MEET/COST319 (Niederle, 1999) e ARTEMIS (EEA, 2007).

Neste modelo, as vias de tráfego são consideradas como fontes em linha, sendo as emissões calculadas individualmente para cada segmento de estrada, caracterizado em termos de frota de veículos, volume de tráfego e velocidade média dos veículos. Entre vários poluentes, este modelo permite calcular as emissões de óxidos de azoto.

A Figura 1 apresenta a distribuição espacial das emissões de NO_x obtidas para as vias caracterizadas pelo modelo TREM.

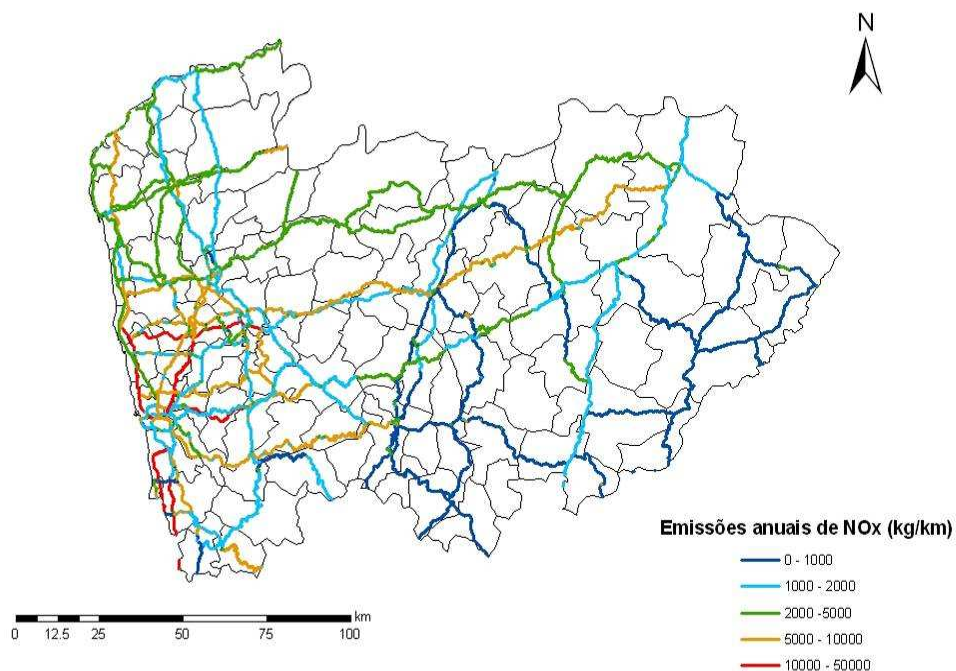


Figura 10. Distribuição espacial das emissões de óxidos de azoto, em $\text{kg}\cdot\text{km}^{-1}$, na área de abrangência da CCDR-N, calculadas pelo modelo TREM.

Da análise da Figura 10 verifica-se que os níveis mais elevados de emissões de tráfego ocorrem na região do Grande Porto (Borrego *et al.*, 2009a), correspondendo às vias com maior volume de tráfego rodoviário, nomeadamente: A1, A3, A28, VCI, CREP, A41, A42, N13, N108, IP4 e A7. Refere-se ainda o IP4 junto à costa, também com um contributo significativo para as emissões de NO_x .

A Figura 11 apresenta a comparação entre os valores de emissão de poluentes atmosféricos do tráfego rodoviário, para as diferentes categorias de veículos do parque automóvel da Região Norte e para os anos de 2007 e 2008 (Borrego *et al.*, 2009a).

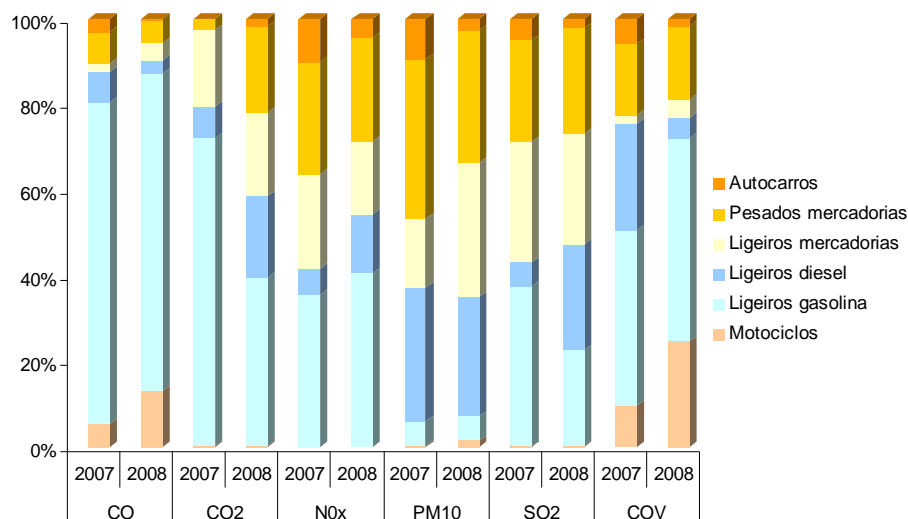


Figura 11. Distribuição das emissões totais por categoria de veículos, para cada poluente, na área de abrangência da CCDR-N (Borrego *et al.*, 2009a).

Através da análise da Figura 11 é possível constatar que a categoria de veículos ligeiros de passageiros a gasolina, categoria com maior número de veículos em circulação na Região Norte, é a que mais contribui para as emissões de NO_x, seguida dos pesados de mercadorias e dos ligeiros de mercadorias. A categoria que apresenta a menor contribuição é a dos motociclos. A evolução entre 2007 e 2008 indica uma ligeira diminuição de emissões associadas aos veículos pesados de passageiros e ligeiros de mercadorias.

3.1.2. Outras fontes móveis

O sector de actividade que envolve todas as fontes móveis, excluindo as rodoviárias, também foi analisado como fonte de emissões de óxidos de azoto. Na Figura 12 encontra-se representada a distribuição espacial, por concelho, das emissões associadas a este sector.

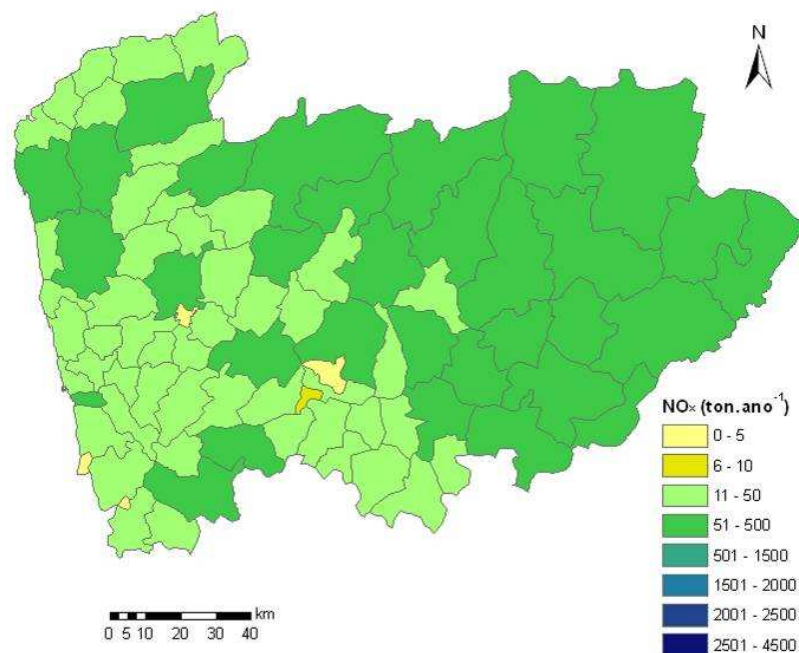


Figura 12. Distribuição espacial das emissões de NO_x (ton.ano⁻¹) associadas à actividade de outras fontes móveis.

A Figura 12 permite verificar que os municípios do interior são os que registam valores de emissões de NO_x mais elevados, o que seria de esperar dado que este sector está associado, na sua maioria, à actividade de máquinas agrícolas, de silvicultura, bem como maquinaria de uso doméstico e de jardinagem. É ainda possível constatar que o município que apresenta valores de emissão anuais mais elevados é o de Bragança (244 ton.ano⁻¹), seguido dos municípios de Montalegre e Mogadouro.

3.1.3. Indústria, incluindo a produção de calor e energia

A segunda maior contribuição de emissões de NO_x está relacionada com o sector da indústria (ver Figura 9). As actividades industriais tais como as associadas à produção de energia eléctrica e da combustão industrial em indústrias de construção, refinarias, indústrias químicas, etc., constituem fontes típicas de NO_x. A distribuição espacial, por concelho, das emissões associadas a este sector, encontra-se representada na Figura 13.

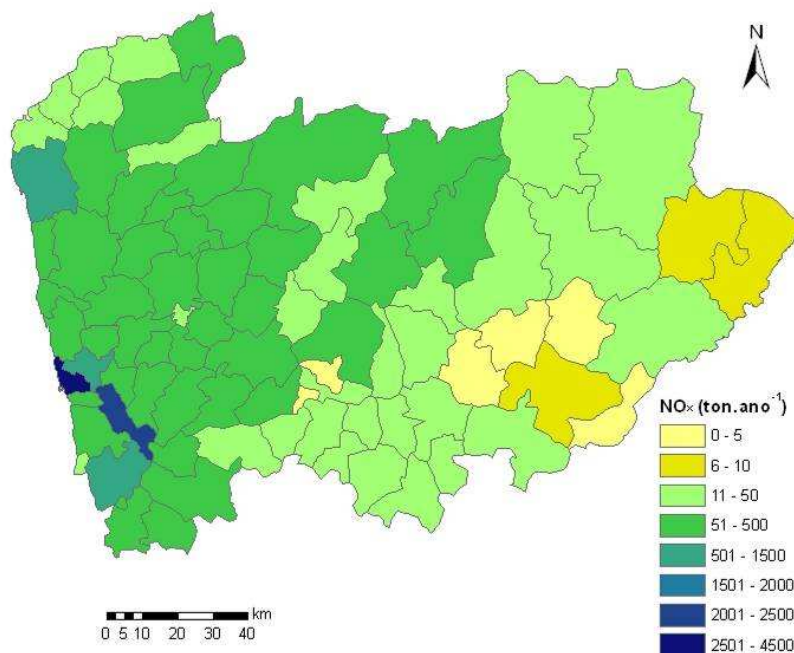


Figura 13. Distribuição espacial das emissões de NO_x (ton.ano⁻¹) associadas à actividade industrial.

Analisando as emissões associadas ao sector industrial é possível constatar que é notória a presença de áreas particularmente afectadas por esta actividade, nomeadamente na zona costeira da área de abrangência da CCDR-N. Tal seria de esperar, dada a respectiva aglomeração de fontes industriais que aí se encontra. Destaca-se, junto à costa, com valores de emissão de NO_x mais elevados, o município de Matosinhos, registando o valor de cerca de 3000 ton.ano⁻¹, seguindo-se o município de Gondomar.

3.1.4. Combustão Residencial e Comercial

As actividades de combustão residencial e comercial constituem outras das principais fontes emissoras de NO_x. Na Figura 14 é possível analisar a distribuição espacial, por concelho, das emissões associadas a este sector.

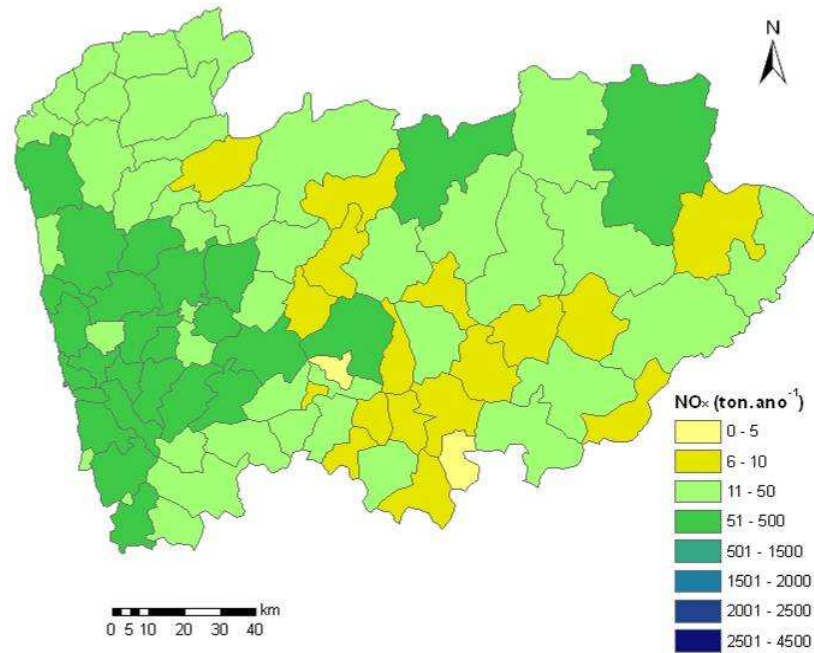


Figura 14. Distribuição espacial das emissões de NO_x (ton.ano^{-1}) associadas à combustão residencial e comercial.

No que diz respeito à desagregação espacial de emissões associadas à combustão residencial e comercial, os municípios que registam valores elevados de NO_x localizam-se na região costeira. O município do Porto destaca-se com os maiores níveis de emissões de NO_x ($\approx 400 \text{ ton.ano}^{-1}$) da região norte, associadas a este sector.

3.1.5. Agricultura

A actividade agrícola, e todos os processos que lhe estão associados, nomeadamente as queimadas de resíduos agrícolas, constituem um sector que contribui para as emissões de NO_x . Através da distribuição espacial das emissões associadas ao sector agrícola (Figura 1) é possível verificar que as áreas localizadas na zona interior, bem como algumas localizadas da região litoral, onde a urbanização é muito inferior e a agricultura é um sector dominante, são as principais afectadas, destacando-se o município de Bragança com valores de emissão mais elevados ($\approx 25 \text{ ton.ano}^{-1}$).

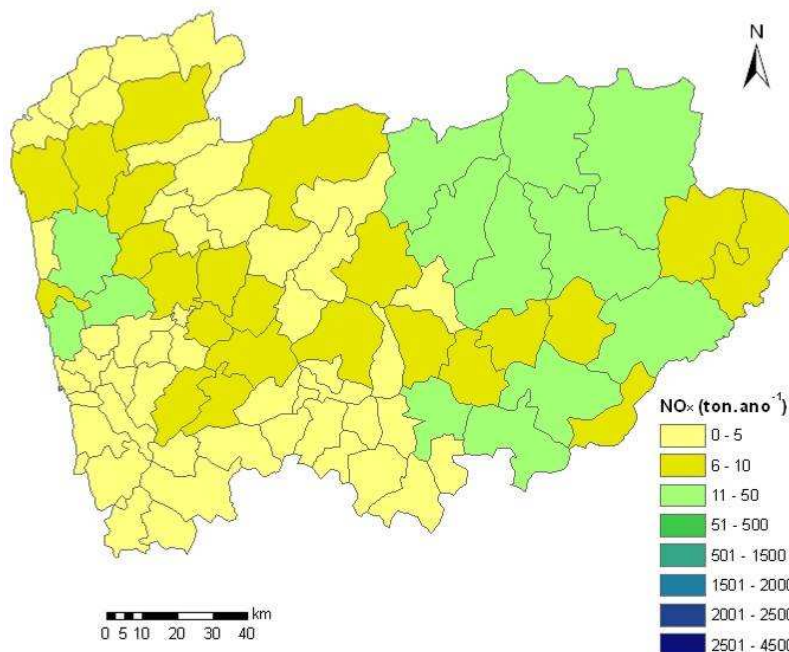


Figura 15. Distribuição espacial das emissões de NO_x (ton.ano⁻¹) associadas ao sector agrícola.

3.1.6. Transporte Marítimo

O tráfego marítimo é uma actividade económica que pode gerar emissões de poluentes atmosféricos importantes à escala nacional, principalmente relativamente ao poluente NO_x. No que diz respeito à área de abrangência da CCNR-N e para o ano de 2008 (ao qual se reporta este inventário), foram estimadas para este sector um total de 1652 ton.ano⁻¹ de emissões de NO_x.

3.1.7. Incêndios Florestais

Tal como já referido anteriormente, a principal fonte natural de óxidos de azoto são os incêndios florestais, sendo por isso esta a única fonte natural analisada neste estudo. Dado que as emissões de NO_x estão associadas a processos de combustão a elevadas temperaturas, a sua libertação ocorre em quantidades muito significativas durante os incêndios florestais (Miranda, 2004). No que diz respeito à desagregação espacial das emissões deste poluente na área de abrangência da CCNR-N (Figura 16) e para o ano de 2008 (APA, 2010), verifica-se que dois municípios na zona interior da região norte - Bragança e de Torre de Moncorvo - apresentam os valores mais elevados de emissões de NO_x provenientes de incêndios florestais.

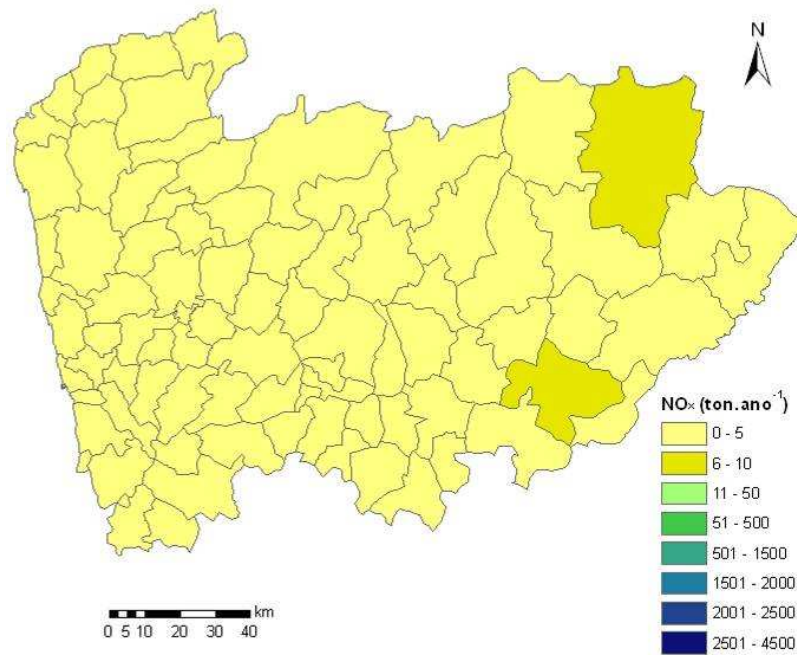


Figura 16. Distribuição espacial das emissões de NO_x (ton.ano⁻¹) associadas a incêndios florestais.

O município de Bragança destaca-se com os valores de emissão de NO_x mais elevados (8,6 ton.ano⁻¹), o que se justifica por, em 2008, ter sido o município da área de abrangência da CCDR-N mais afectado pelo fogo florestal, registando uma área ardida de aproximadamente 600 hectares, cerca de 8% da área total ardida na região de abrangência da CCDR-N (AFN, 2009).

Em jeito de resumo e com o objectivo de avaliar qual a principal fonte de emissão de NO_x em cada concelho da área de influência da CCDR-N, a Figura 17 permite aferir qual a contribuição percentual de cada sector para o total das emissões atmosféricas de NO_x de cada concelho.

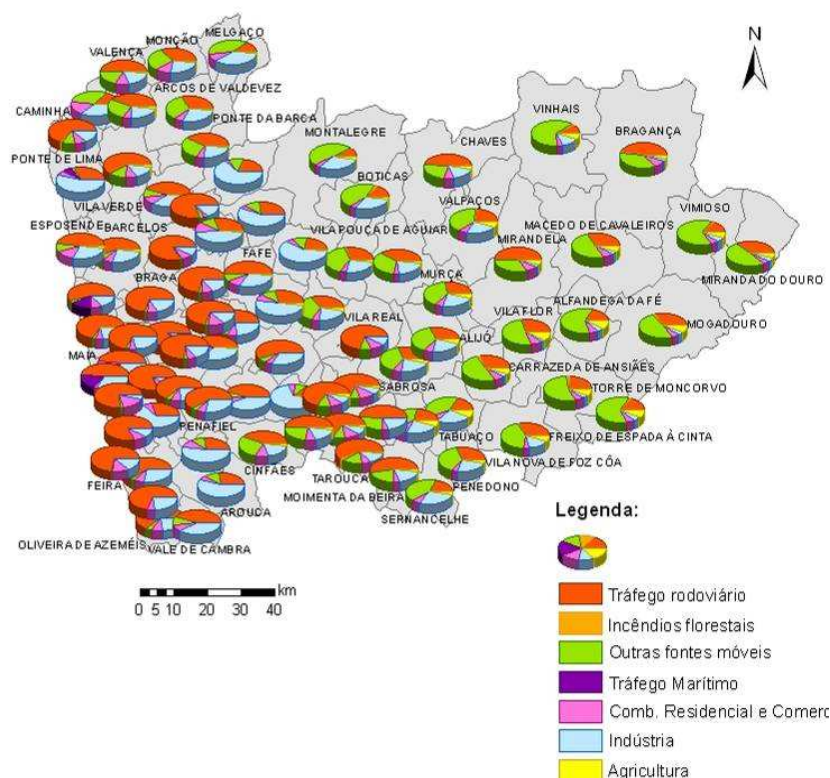


Figura 17. Distribuição espacial da contribuição percentual de cada sector para as emissões de NO_x na área de influência da CCDR-N.

A contribuição dos diferentes sectores analisados para as emissões de NO_x registadas nos concelhos da área de influência da CCDR-N não apresenta uma distribuição homogénea, verificando-se um peso maior do tráfego rodoviário (>50%) nos concelhos do Grande Porto e litoral e no interior um maior contributo das outras fontes móveis. Refere-se ainda o sector industrial com destaque nos concelhos localizados entre o litoral e o interior da Região Norte.

3.2. Emissões de NO_x na região em incumprimento da CCDR-N

A região costeira da área de abrangência da CCDR-N apresenta simultaneamente emissões mais elevadas de NO_x (Figura 8) e as estações de qualidade do ar onde se verificaram ultrapassagens dos parâmetros previstos na legislação (Capítulo 2) para o poluente em estudo.

No sentido de avaliar e compreender, com maior detalhe, quais os principais sectores de actividade responsáveis pelas emissões estimadas nos municípios da área de abrangência da CCDR-N onde se verificaram ultrapassagens ao VL+MT de NO_x previsto na legislação (Figura 8), apresenta-se seguidamente uma análise detalhada ao nível das freguesias destes concelhos mais críticos e dos principais sectores de actividade (Figura 18 à Figura 19).

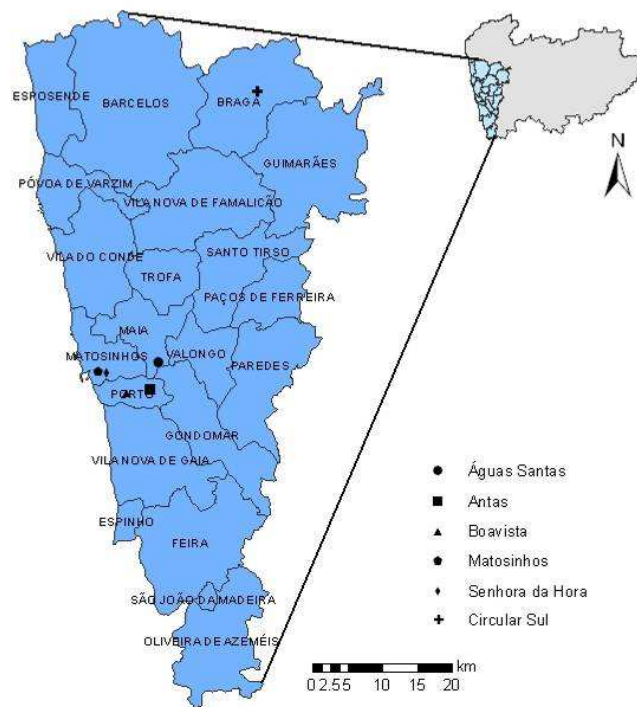


Figura 18. Localização geográfica das estações de qualidade do ar que registaram ultrapassagens aos parâmetros previstos na legislação para o NO_x e concelhos envolventes.

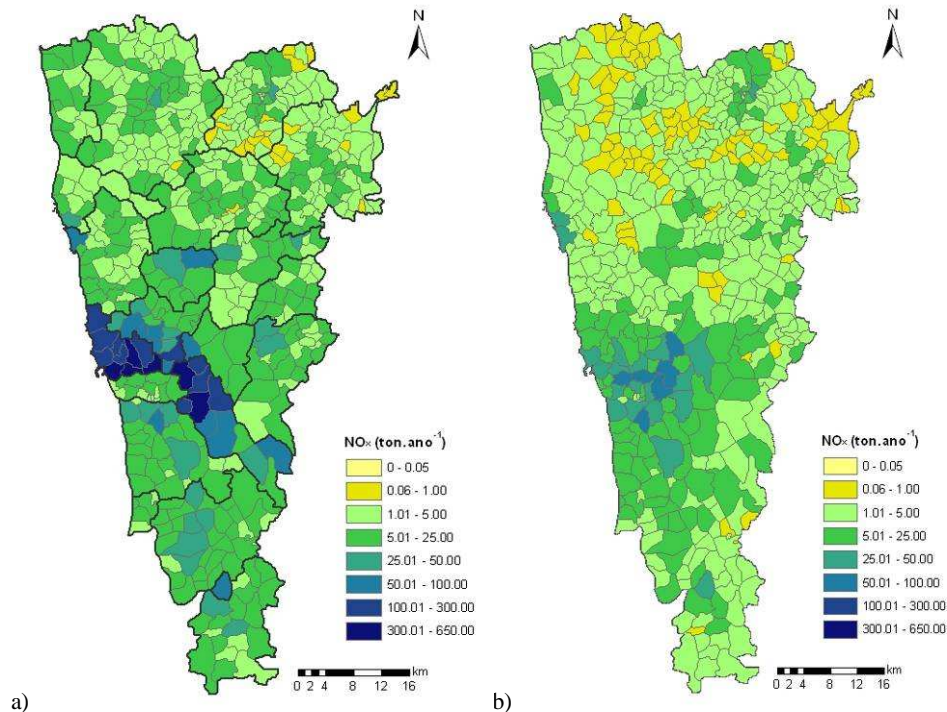


Figura 19. Distribuição espacial das emissões de NO_x (ton.ano^{-1}) associadas à actividade industrial (a); à combustão residencial e comercial (b).

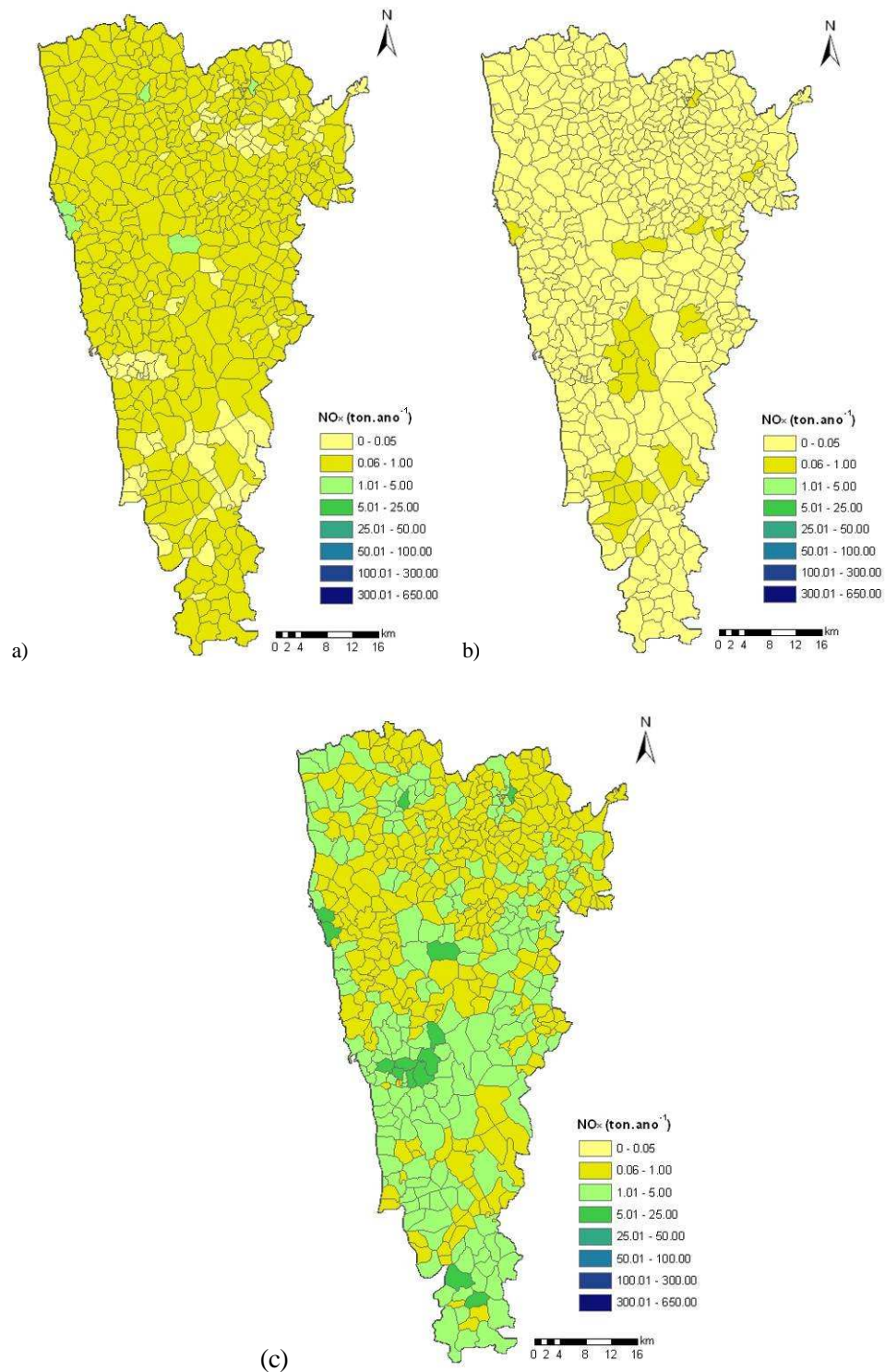


Figura 20. Distribuição espacial das emissões de NO_x (ton.ano⁻¹) associadas ao sector agrícola (a); a incêndios florestais (b); a outras fontes móveis (c).

Analisando a distribuição espacial das emissões de NO_x associadas aos sectores representados anteriormente, é possível constatar que os municípios onde se registaram ultrapassagens dos parâmetros previstos na legislação para o

poluente em estudo são dos que apresentam valores de emissão de NO_x mais elevados.

As freguesias do município de Matosinhos são as que apresentam valores mais elevados associados ao sector industrial, bem como algumas freguesias que rodeiam a estação de qualidade do ar de Senhora da Hora, pertencentes ao município do Porto e da Maia, evidenciam, também, o carácter industrial desta zona.

O município do Porto, onde se encontram duas das estações de qualidade do ar que registaram excedências - Antas e Boavista - é o que apresenta maiores valores associados às emissões do sector de combustão industrial e residencial, bem como associado ao sector de outras fontes móveis.

As freguesias do município de Braga, que rodeiam a estação de Circular Sul, são as freguesias deste município que registam valores de emissões de NO_x mais elevadas associadas ao sector industrial, bem como ao sector de combustão residencial e comercial.

No âmbito de estudos anteriores (ex. Borrego *et al.*, 2009a) o tráfego rodoviário já foi identificado como um dos sectores mais importantes no que se refere às emissões atmosféricas na área de abrangência da CCDR-N, tendo-se realizado uma discretização espacial dessas emissões para alguns dos concelhos mais críticos (Figura 21 e Figura 22).

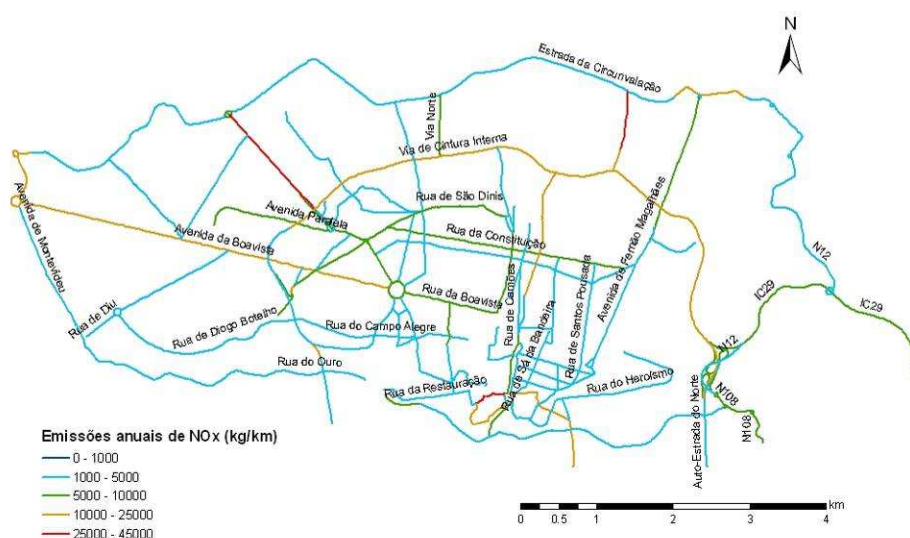


Figura 21. Distribuição espacial das emissões de óxidos de azoto associadas ao tráfego rodoviário, em kg.km^{-1} , na área urbana da cidade do Porto.

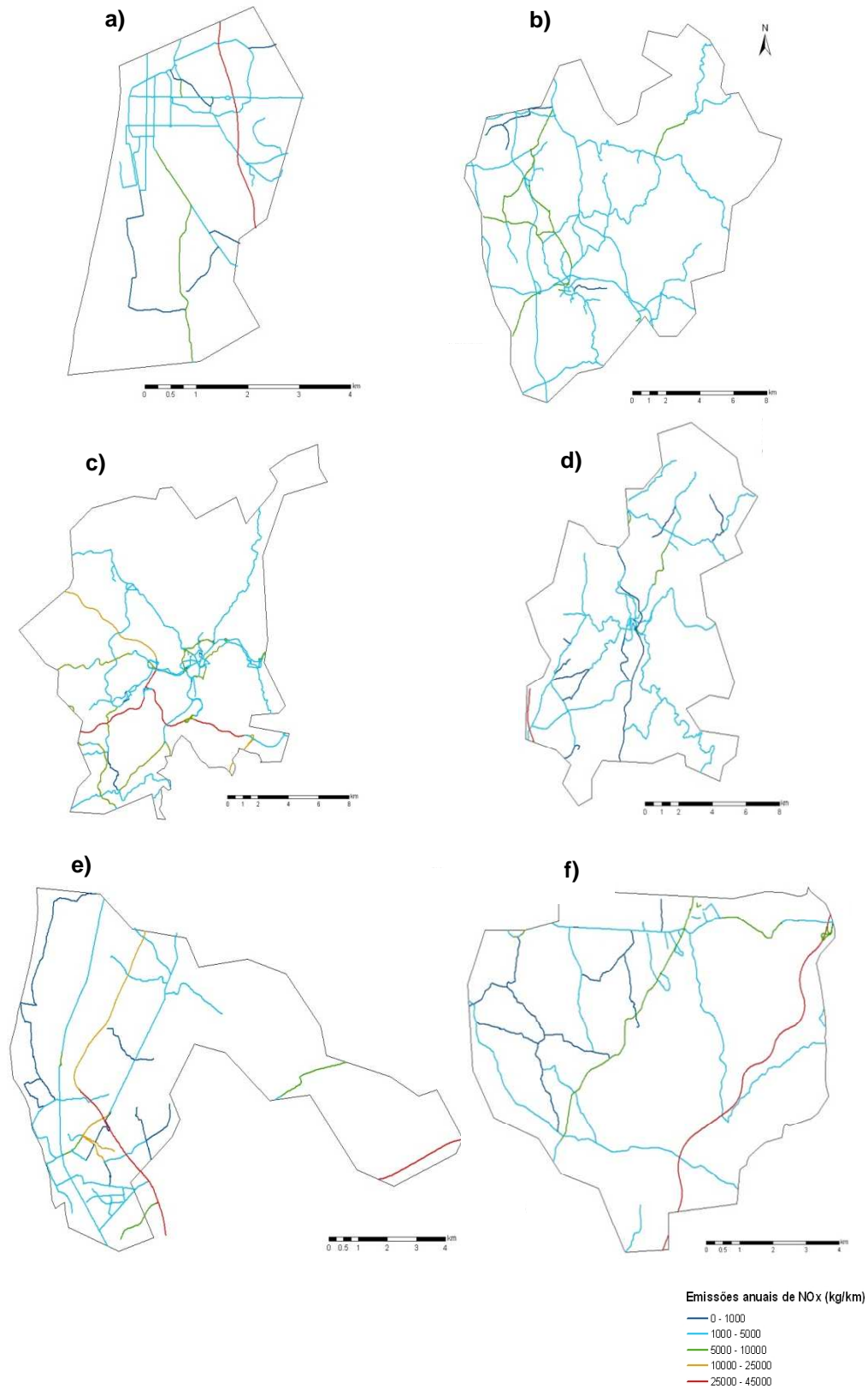


Figura 22. Distribuição espacial das emissões de óxidos de azoto associadas ao tráfego rodoviário, em kg.km^{-1} , no município de: a) Espinho; b) Santa Maria da Feira; c) Guimarães; d) Oliveira de Azeméis; e) Póvoa de Varzim; f) Trofa.

As emissões de NO_x são evidentes nas principais artérias das áreas urbanas de cada município. O município do Porto, onde se localizam duas das estações de monitorização que registam ultrapassagem ao VL+MT de NO_2 , é um dos que regista valores de emissão mais elevados. As zonas com maiores emissões situam-se na “baixa” da cidade (Aliados, Clérigos, S. Bento, Rua do Bonjardim, Av. Paralela, etc.), onde se localiza grande parte do comércio tradicional e serviços, e na maior parte das vias que dão acesso à Rotunda da Boavista e à VCI onde, tal como seria expectável, o volume de tráfego é mais elevado, dado tratarem-se dos principais pontos de entrada e saída da cidade do Porto.

No sentido de avaliar e compreender a contribuição de cada sector de actividade para as emissões de NO_x estimadas em cada um dos concelhos considerados mais críticos, apresenta-se na Figura 23 a distribuição espacial da contribuição de cada sector para o total das emissões atmosféricas de NO_x , à semelhança do que foi feito para a Região Norte (Figura 17).

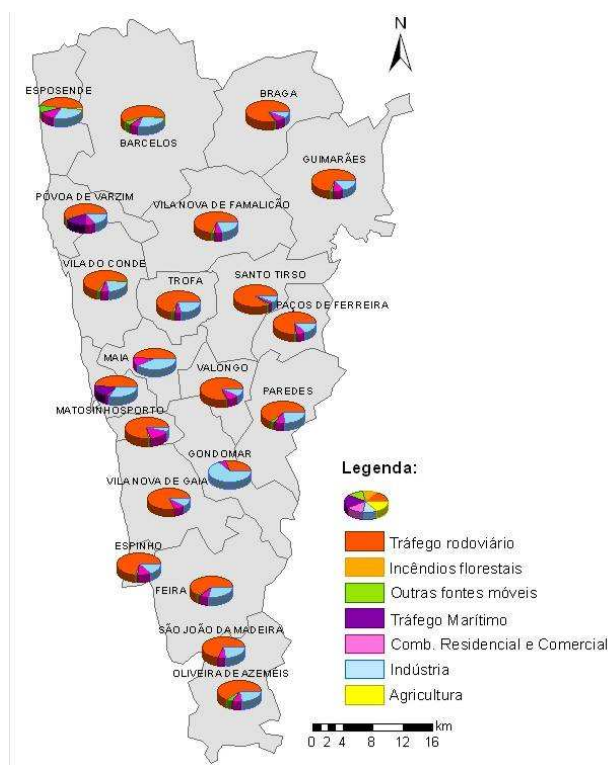


Figura 23. Distribuição espacial da contribuição percentual de cada sector nas emissões NO_x .

É possível concluir que a contribuição dos diferentes sectores analisados para as emissões de NO_x dos vários municípios apresentam uma distribuição muito semelhante, sendo o sector dos transportes o que se destaca como a principal fonte emissora, com contribuições superiores a 60%. Os municípios do Porto, Braga e Santo Tirso são os que evidenciam o sector dos transportes como o principal responsável das emissões de NO_x . Por outro lado, o município de Gondomar apresenta uma grande contribuição do sector da indústria, realçando o panorama industrial que envolve este concelho.

3.3. Análise temporal das emissões

Aliada à análise da distribuição espacial das emissões de NO_x associadas aos diferentes sectores de actividade, procedeu-se também à análise da evolução temporal das emissões totais de NO_x, para os anos de 2003, 2005 e 2008, para a região acima mencionada (Figura 23) e apenas para os sectores que dispunham de dados nos anos referidos (Figura 24).

Salienta-se que, contrariamente às análises efectuadas anteriormente, o sector industrial, apenas integra a combustão industrial, não envolvendo processos de produção de calor e energia, uma vez que as emissões referentes a estes sectores só se encontravam disponíveis para o ano de 2008.

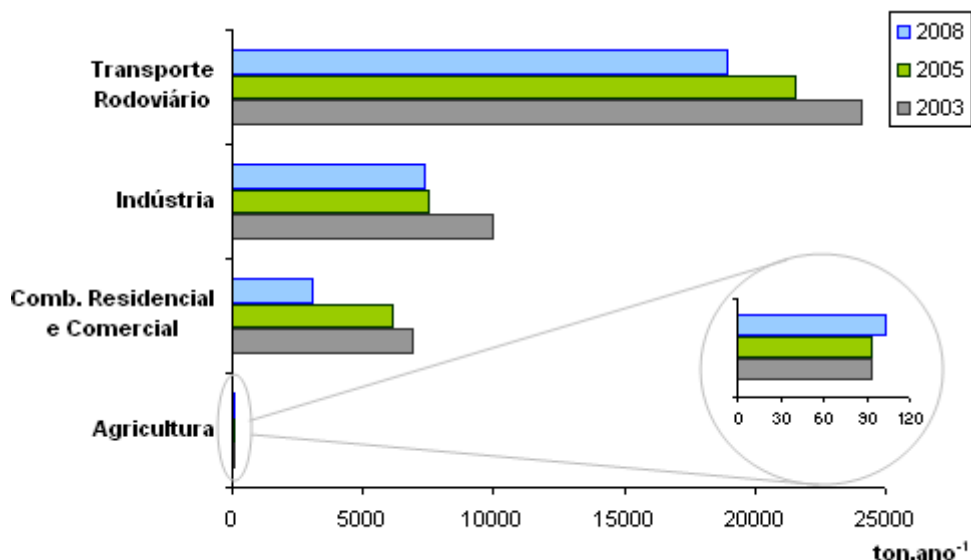


Figura 24. Distribuição temporal das emissões de NO_x (ton.ano⁻¹) por sector de actividade, nos anos de 2003, 2005 e 2008.

Através da análise da Figura 24 é possível constatar que, de um modo geral, as emissões de NO_x associadas aos diferentes sectores têm vindo a sofrer uma diminuição significativa, com excepção do sector agrícola em que se verificou um aumento de aproximadamente 11%.

As emissões associadas ao sector de combustão residencial e comercial são as que revelam uma redução mais acentuada, entre o ano de 2003 e o ano de 2008, correspondendo a aproximadamente 55%, seguindo-se o sector industrial. Quanto às emissões de NO_x associadas ao sector dos transportes, estas sofreram uma diminuição semelhante ao longo dos anos analisados, com uma redução de aproximadamente 11% e 12% entre os anos de 2003/2005 e 2005/2008, respectivamente.

4. Análise e interpretação das excedências

Pelo anexo XVI do DL nº102/2010 de 23 de Setembro, onde são listadas as informações a incluir nos planos de qualidade do ar para melhoria da qualidade do ar ambiente, é necessário que conste a análise das situações de excedência. A análise foi dividida em duas partes distintas, devido à ocorrência de dois tipos de excedência aos valor-limite de NO₂: excedências ao valor limite anual de protecção da saúde humana e excedências ao valor limite horário. Para além da identificação das situações de excedências, este capítulo compreende a sua análise e interpretação de forma a estudar as possíveis causas das ultrapassagens. Esta análise tem em consideração a informação presente no capítulo anterior sobre a identificação das principais fontes de emissões de NO_x.

4.1. Ultrapassagens ao VL horário

Durante o ano de 2009 foram registados na estação de Ermesinde (ERM) valores de NO₂ superiores a 200 µg.m⁻³ durante mais de 18 dias. Neste sentido, e para estudar a origem deste episódio de poluição são apresentados os seguintes elementos:

- Análise temporal dos dados observados, sua comparação com os restantes poluentes monitorizados nesta estação (ERM) e com os valores de NO₂ registados nas estações mais próximas;
- Análise dos dados meteorológicos observados durante o período em causa;
- Análise das condições sinópticas meteorológicas desse período;
- Simulação das retrotrajectórias das massas de ar que chegaram a Ermesinde durante o período em estudo.

4.1.1. Análise dos dados monitorizados em ERM – ano 2009

A Figura 25 mostra as concentrações horárias de NO₂ medidas na estação de ERM durante o ano de 2009, sendo feito um destaque sobre o período mais crítico (identificado no círculo laranja) na Figura 26.

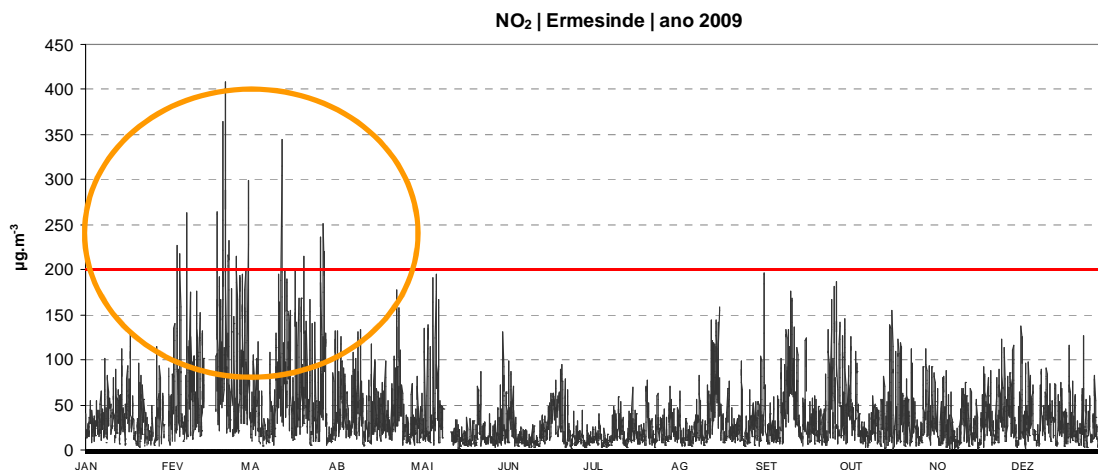


Figura 25. Concentrações horárias de NO₂ (µg.m⁻³) registadas em 2009 na estação de Ermesinde.

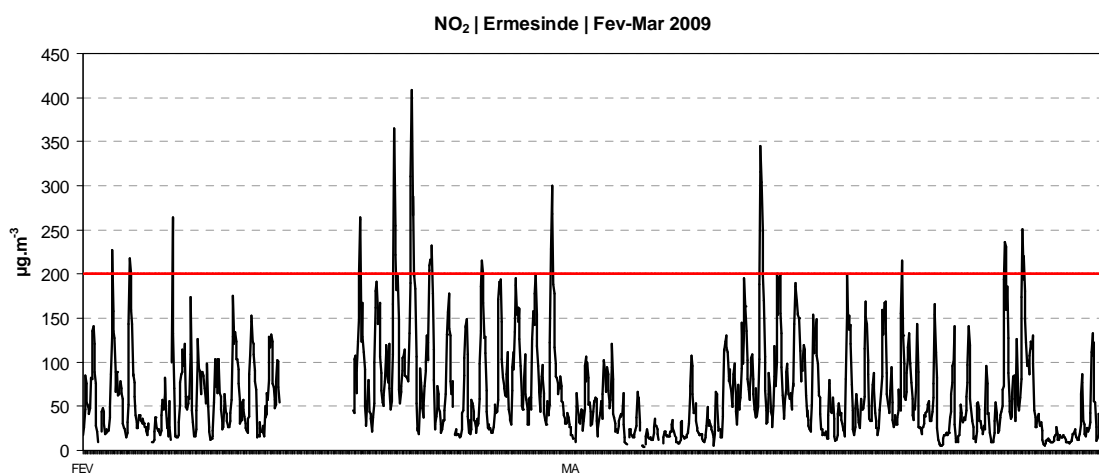


Figura 26. Concentrações horárias de NO₂ registadas em 2009 na estação de Ermesinde em Fevereiro-Março 2009.

Conclui-se que as ultrapassagens ao valor horário de 200 µg.m⁻³ de NO₂ ocorreram num período restrito do ano de 2009: 15 Fevereiro – 15 Março. No resto do ano não se observaram concentrações superiores a esse valor. Durante o período crítico identificado foram verificadas excedências durante todos os dias, em particular no período que corresponde a 15-21 Fevereiro.

4.1.2. Análise de NO₂ vs outros poluentes

De modo a analisar a origem dos picos de NO₂ (como por exemplo emissão local, transporte, etc.) registados na estação de Ermesinde, compararam-se os níveis deste poluente com os restantes poluentes primários monitorizados nesta mesma estação, nomeadamente, PM10 e SO₂ (Figura 27).

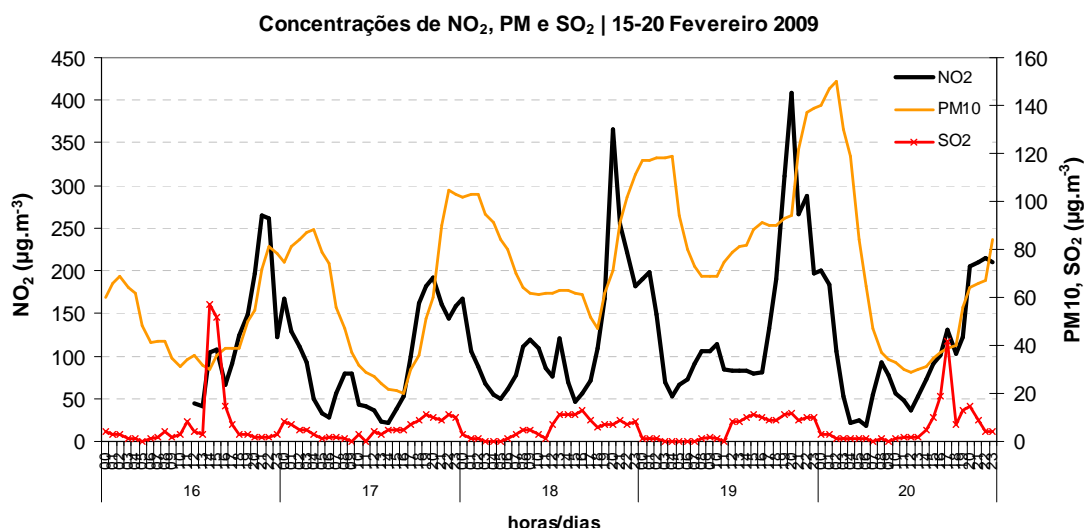


Figura 27. Comparação entre as concentrações de NO₂, PM₁₀ e SO₂ registadas em 2009 na estação de Ermesinde durante o período de estudo (15-21 Fevereiro).

Existe alguma semelhança de comportamento entre a evolução temporal horária de NO₂ e PM₁₀. Há, no entanto, um desfasamento dos perfis destes dois poluentes: o pico do NO₂ ocorre às 20h e os das PM₁₀ 1-2 h mais tarde. Ambos os picos ocorrem à noite, começando as concentrações a subir a partir das 16h. Em alguns dos dias é possível observar o pico de concentrações associado ao tráfego de manhã (8-10 h), mas este é consideravelmente pequeno quando comparado com o pico nocturno. É também possível observar, para alguns dos dias, um ligeiro pico à 24h, que deverá estar relacionado com fenómenos de inversão térmica nocturna (associados a subidas de temperatura).

4.1.3. Comparação dos níveis de NO₂ em ERM e estações vizinhas

Para uma análise mais correcta da origem dos picos de NO₂ registados na estação de Ermesinde foram comparados os níveis deste poluente monitorizados nas estações mais próximas, localizadas na envolvente desta estação (ERM) (Figura 28).

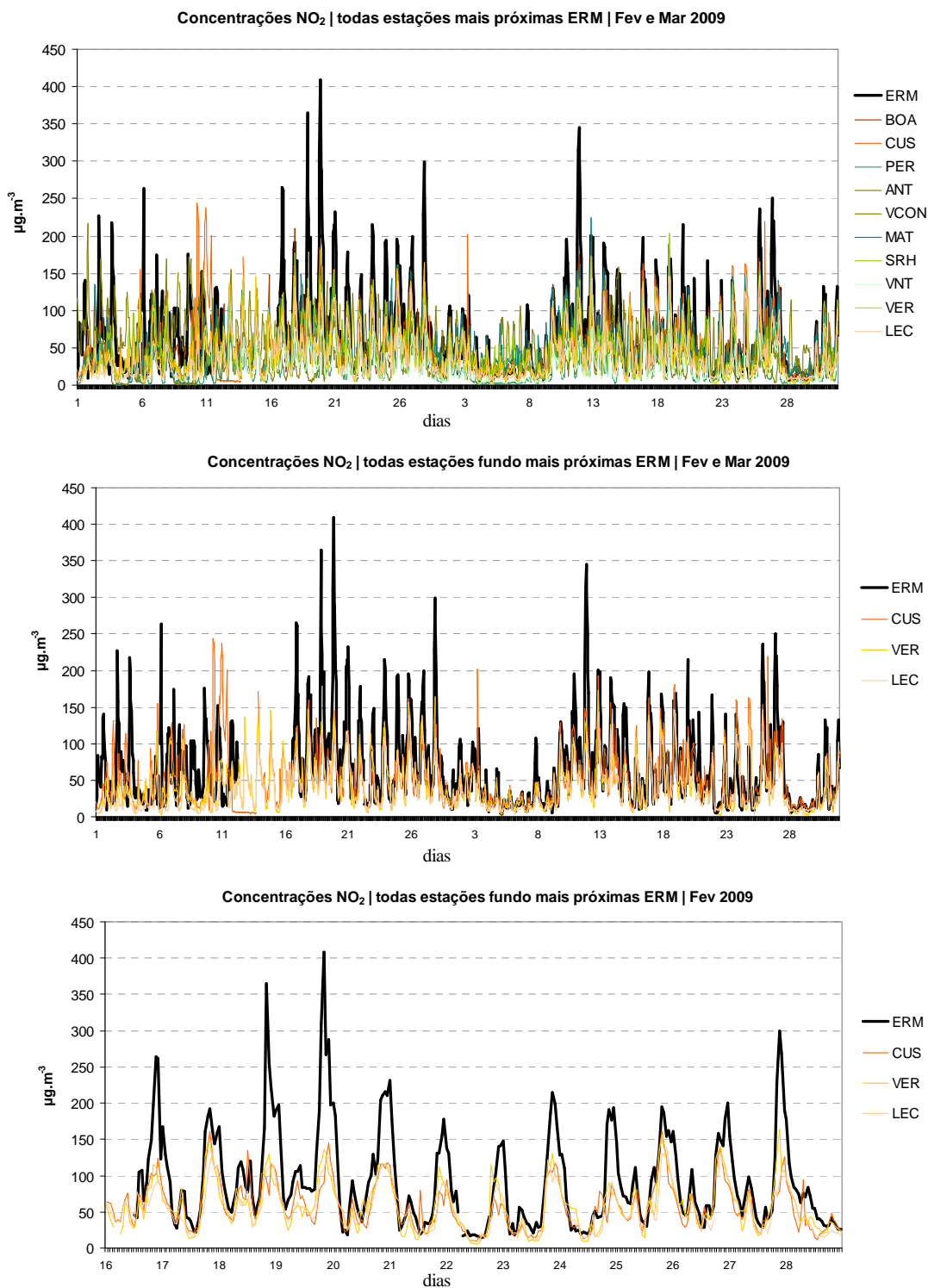


Figura 28. Comparação entre as concentrações de NO₂ registadas em: (a) todas as estações mais próximas de ERM (Fev-Março); (b) estações de fundo mais próximas (Fev-Março) e (c) zoom temporal de (b) (16-29 Fev).

As elevadas concentrações registadas em ERM são superiores às observadas nas restantes estações. Apesar das estações mais próximas terem registado o mesmo comportamento diário e picos elevados de concentrações de NO_x, a

magnitude dos valores máximos é bastante diferente, sendo consideravelmente mais alta em ERM, mesmo comparando com as estações de tráfego (Figura 28a).

4.1.4. Análise das condições meteorológicas

A análise das condições atmosféricas que caracterizaram o período crítico em estudo é importante para a compreensão dos valores de NO₂ medidos. A estação meteorológica mais próxima é Vermoim, mas esta apenas tem disponíveis dois meses de dados em 2009, o que é insuficiente para a análise. Atendendo a que algumas estações de qualidade do ar também medem parâmetros meteorológicos - temperatura; radiação solar; humidade; direcção e velocidade do vento - optou-se por usar os valores horários monitorizados nas estações mais próximas: Calendário (CAL) e Centro de Lacticínios (LAT) (Figura 29 e 30).

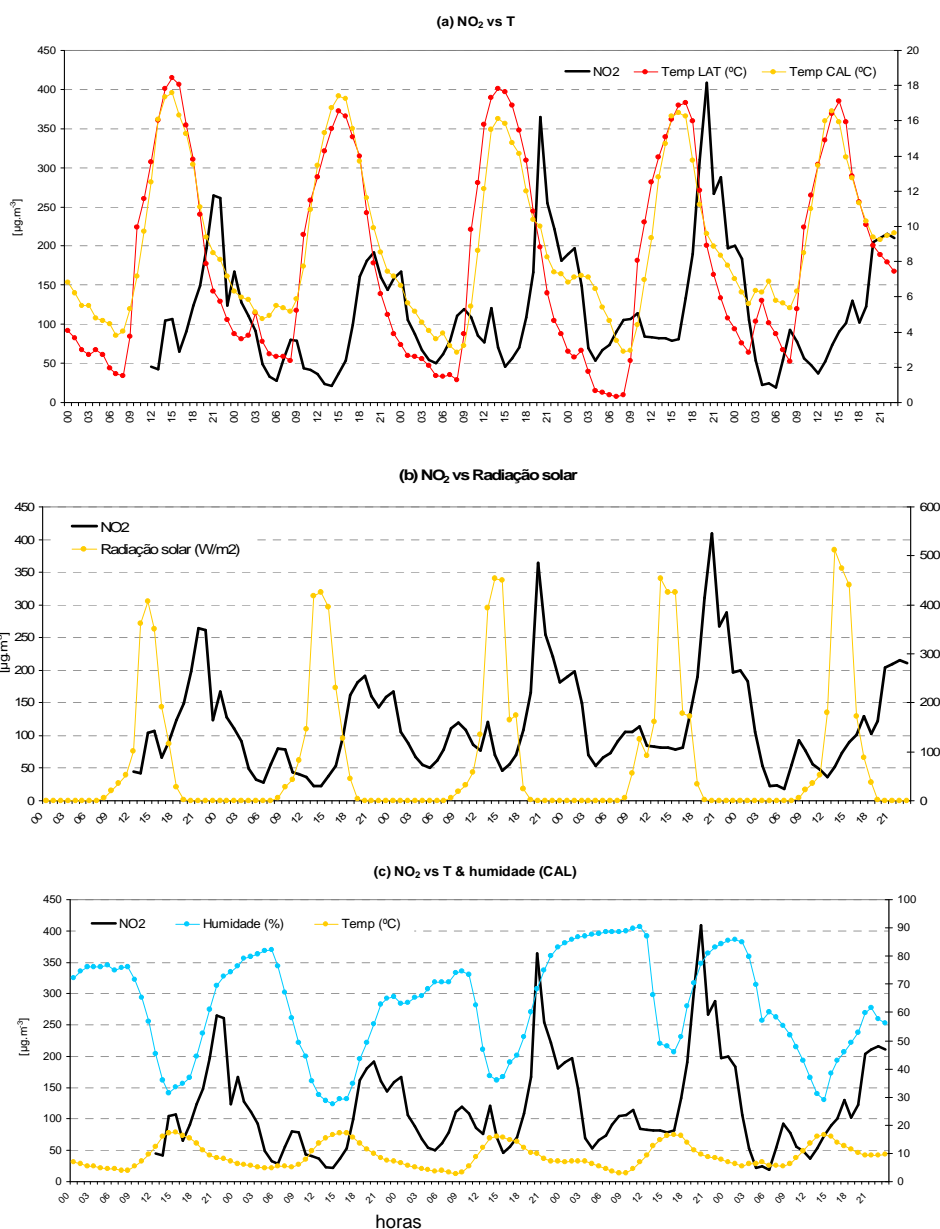


Figura 29. Comparação entre as concentrações horárias de NO₂ e as principais variáveis meteorológicas: (a) Temperatura; (b) Radiação solar; (c) Humidade, relativos ao período 16-19 Fevereiro 2009.

Relativamente à temperatura (Figura 29a), observaram-se valores bastante elevados para a estação do Inverno (máximos de 18°C). É de salientar a proximidade dos valores de temperatura registados em ambas as estações analisadas (CAL e LAT), apesar da sua distância de aproximadamente 19 km, o que sustenta a utilização destes dados na caracterização das condições meteorológicas na área de Ermesinde. Devido à semelhança dos valores medidos nestas duas estações optou-se por se apresentar apenas a estação de Calendário (CAL) na restante análise efectuada (Figura 29b,c).

Os perfis de temperatura, radiação solar (máxima) e humidade (com um perfil diário inverso ao da temperatura) revelam condições sinópticas anticiclónicas (céu limpo) típicas de dias de Inverno soalheiros, associados a grande estabilidade atmosférica e inversões térmicas e noites frias (Seinfeld e Pandis, 1999).

A Figura 30 apresenta os dados medidos relativamente ao vento (direcção e velocidade) e a sua comparação com os valores de NO₂.

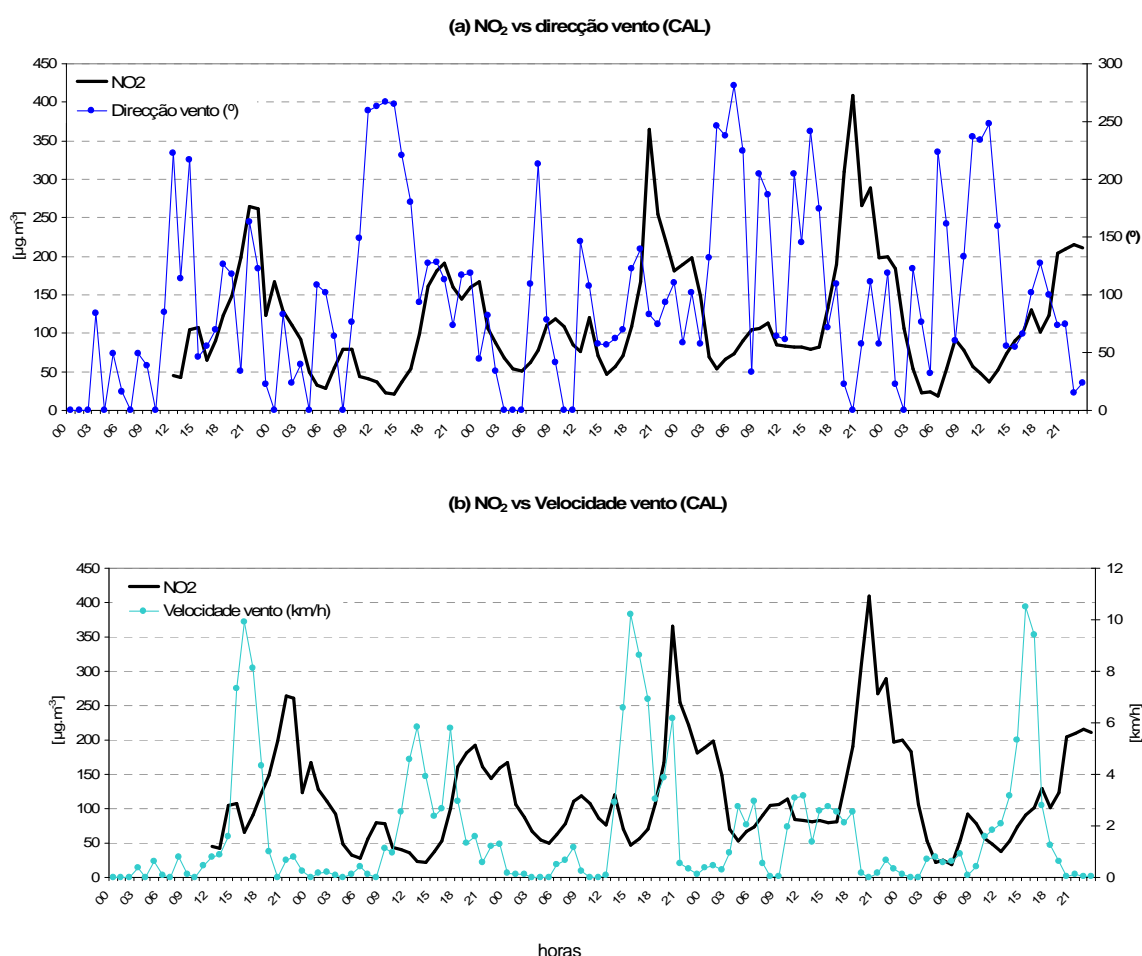


Figura 30. Comparação entre as concentrações de NO₂ e as variáveis meteorológicas: (a) Direcção e (b) Velocidade do vento, relativo ao período de 16-19 Fevereiro 2009.

Em relação ao vento (Figura 30), verifica-se a existência de um vento sinóptico do quadrante Este de fraca intensidade (velocidades $< 2 \text{ km.h}^{-1}$) com mudança de direcção durante a tarde para W-NW. Esta mudança de direcção do vento é potenciada pelo aparecimento de uma circulação de brisa térmica, típica de estações junto à costa (Evyugina *et al.*, 2007), que é acompanhada do aumento da velocidade do vento. É de realçar ainda a permanência de calmarias (velocidade do vento $< 2 \text{ km.h}^{-1}$) durante a noite, que potenciam a grande estabilidade atmosférica e a existência de inversões térmicas nocturnas, já referidas atrás.

4.1.5. Análise das condições sinópticas e retrotrajectórias das massas de ar

Como complemento à análise das condições meteorológicas, caracterizaram-se também as condições sinópticas do período crítico de excedências (16-19 Fev) com recurso às cartas sinópticas de altura geopotencial a 500hPa e pressão à superfície (Figura 31; URL2).

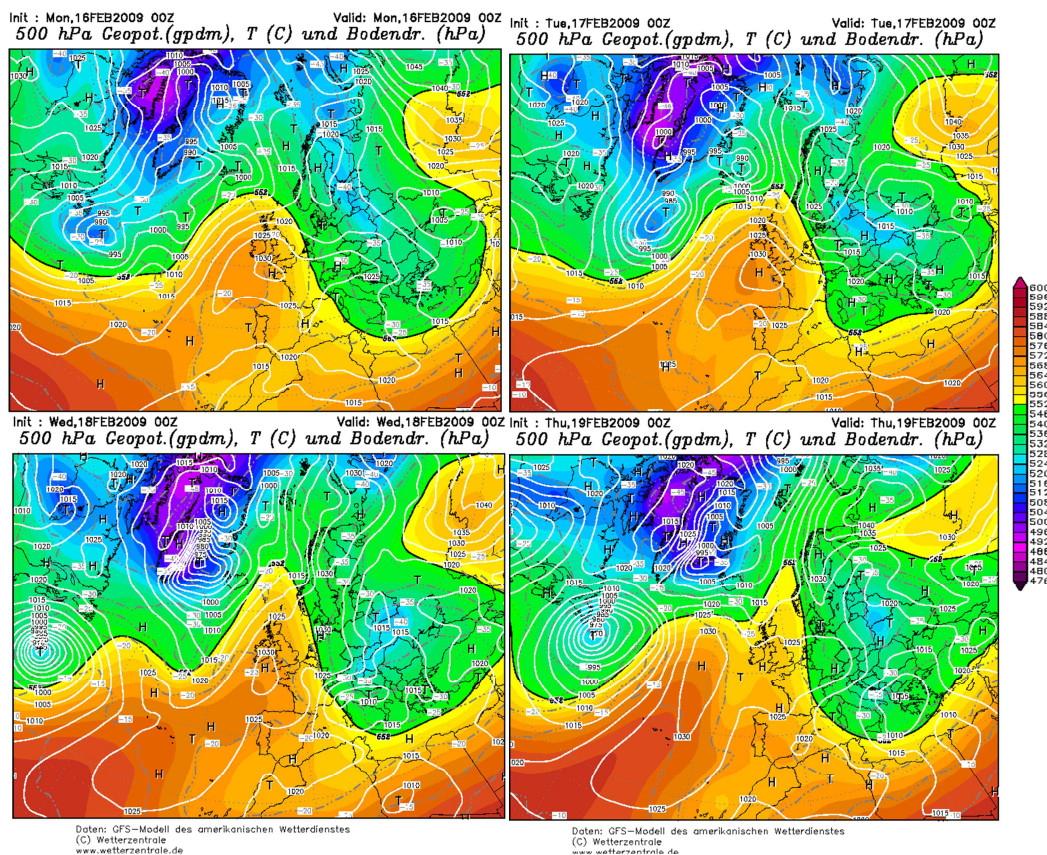


Figura 31. Cartas sinópticas (altura de geopotencial) relativas ao período 16-19 Fevereiro 2009.

Esta análise sinóptica permite aferir da existência de uma situação de baixa térmica sobre a Península Ibérica com anticiclone desenvolvido em crista que gera uma circulação de vento Este.

Por outro lado, foram obtidas as retrotrajectórias das massas de ar (Figura 32) recorrendo à utilização do *Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model* (HYSPPLIT), desenvolvido pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Air Resources Laboratory* (URL3). Para uma melhor identificação da origem das massas de ar que influenciaram os dias de episódio foram calculadas as retrotrajectórias cinemáticas com 3 dias, provenientes de 3 diferentes níveis de altitude (100, 500 e 1000 m AGL) (Borrego *et al.*, 2010). Estas confirmam a origem das massas de ar de direcção Este.

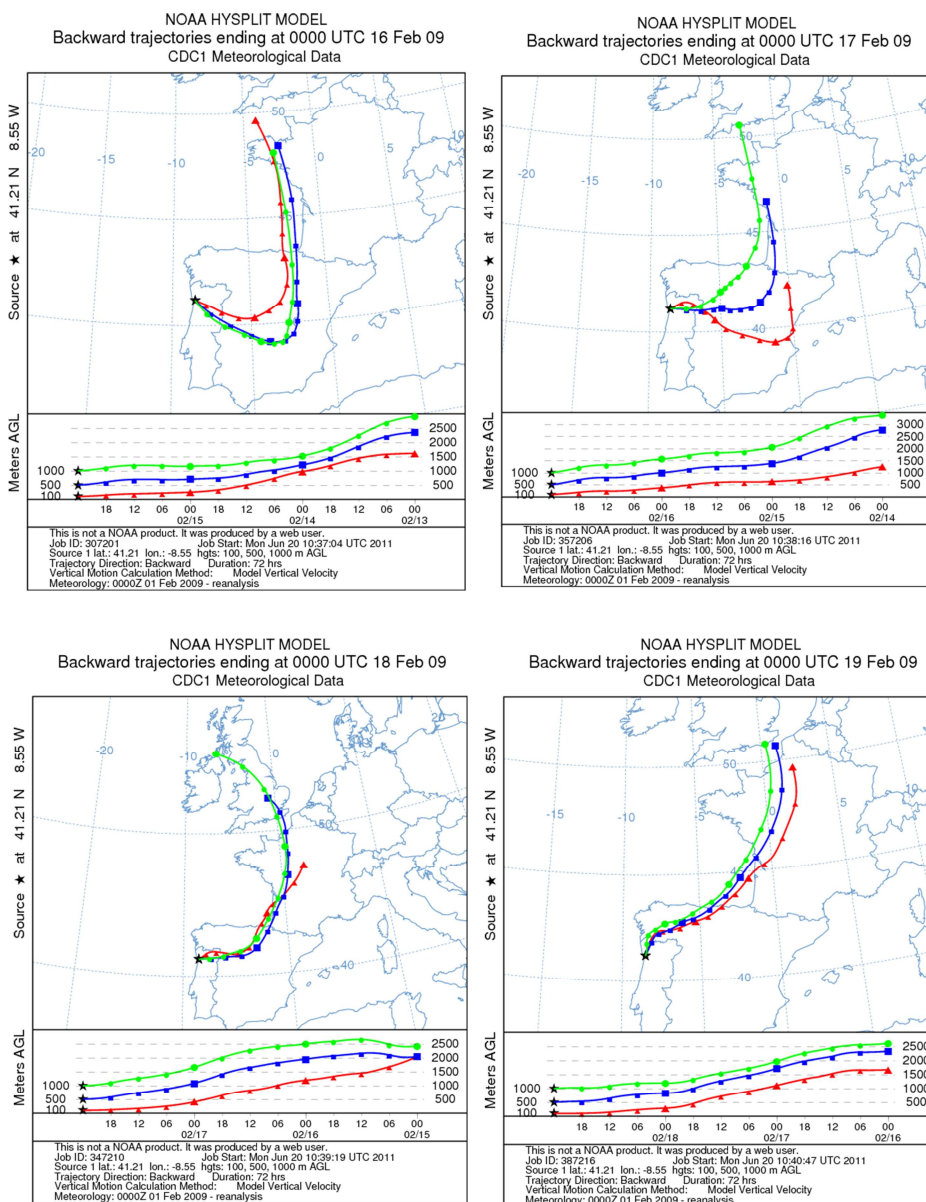


Figura 32. Retrotrajectorias das massas de ar que chegam a Ermesinde, obtidas com o modelo HYSPLIT para os dias 16-19 Fevereiro 2009.

4.1.6. Discussão da origem do episódio

A presença de baixa térmica sobre a Península Ibérica com anticiclone desenvolvido em crista que gera uma circulação de vento Este (Figura 31), confirmada pelas retrotrajectorias obtidas (Figura 32), confirmam a existência de condições que originam uma grande estabilidade da atmosfera, e que se caracterizam por céu limpo e vento fraco (típicos dias solarengos de Inverno). Estas condições, que se mantiveram durante os 5 dias mais críticos (15-20 Fevereiro 2009), potenciam fraca dispersão atmosférica (principalmente à noite, onde a estabilidade é maior – velocidades de vento muito baixas e uma baixa altura da camada de mistura), dando origem a uma forte acumulação dos compostos emitidos e formados na atmosfera.

Os picos medidos durante a manhã (origem no tráfego) são rapidamente dispersados pelo vento mais forte que ocorre durante a parte da tarde (circulação de brisa marítima, Figura 30). Porém os poluentes que são emitidos durante a tarde vão sendo acumulados. Não há possibilidade de dispersão, face à ausência do vento e inversão térmica. Esta acumulação e ausência de dispersão provoca o aparecimento de picos de concentração muito elevados, que se desenvolvem até atingirem um máximo às 20-24h (Figura 29).

Estas condições explicam as elevadas concentrações de poluentes (NO_2 e PM, principalmente) registadas nas várias estações durante este período crítico (em particular as estações de tráfego e urbanas) (Figura 33), mas não são suficientes para justificar os picos de NO_2 observados na estação de Ermesinde (superiores às restantes estações).

Assim sendo, foi feita uma pesquisa no sentido de investigar actividades locais que possam estar na origem de emissões extraordinárias de NO_x . A estação de Ermesinde está localizada dentro de um jardim municipal, numa zona residencial e comercial (onde existem cafés/restaurantes, mercearias, etc.), a aproximadamente 500 metros da auto-estrada A4 (Figura 39).

Durante o primeiro trimestre de 2009 foram identificadas várias actividades/acontecimentos que ocorreram próximo desta estação, nomeadamente:

- Construção do centro comercial “Retail Ermesinde” assinalado na Fig. 39;
- Asfaltagem da estrada junto ao jardim onde está a estação;
- Remodelação do jardim onde está a estação e corte das copas das árvores;

- Intervenção nas caixas sifonadas.

Todas estas ocorrências/atividades são potenciais fontes emissoras de NO_x , e como tal, é provável que tenham estado na origem de um aumento dos níveis de NO_2 medidos.

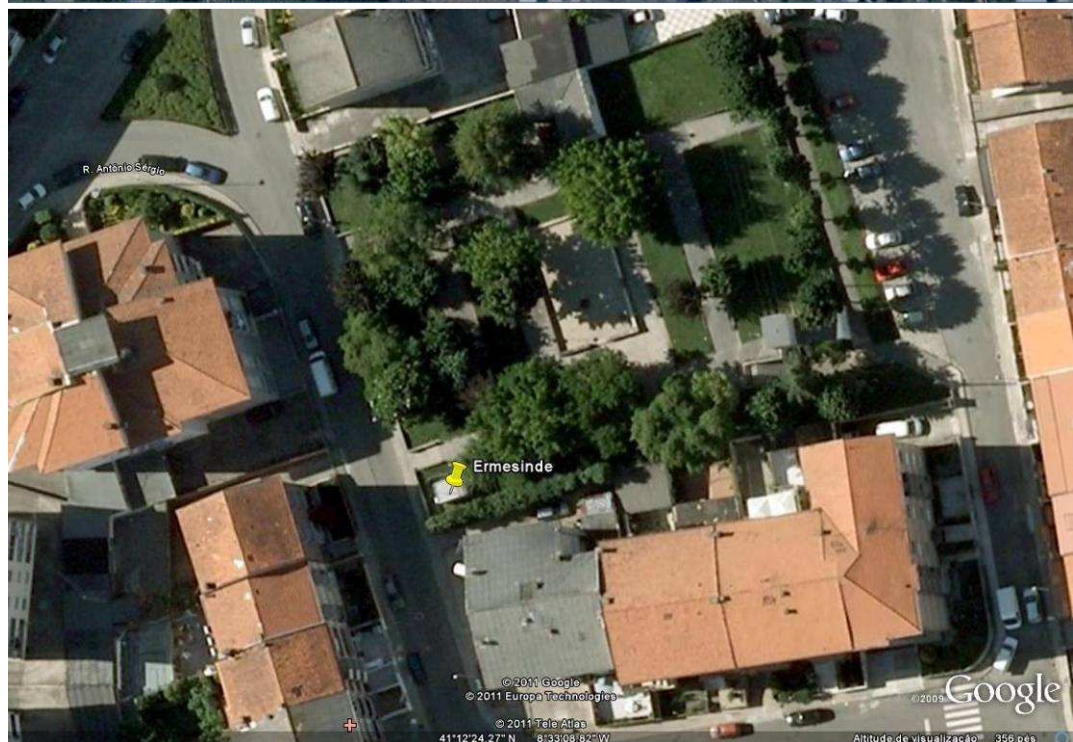


Figura 33. Localização da estação de Ermesinde, Centro Comercial “Ermesinde Retail Park” e autoestrada A4 (em cima) e zoom sobre a localização da estação (jardim e estrada asfaltada) (em baixo).

Como conclusão, é possível indicar os dois principais factores que estiveram na origem deste episódio de NO_2 , e que originou a ocorrência de várias excedências ao valor limite horário deste poluente: a existência de condições sinópticas não favoráveis à dispersão de poluentes, juntamente com emissões locais provenientes de várias actividades temporárias que ocorreram próximo da estação de monitorização de Ermesinde.

Tendo em conta o carácter temporário e conjugativo destes factores, confirmado pela ausência de ultrapassagens no restante período de tempo, esta estação (ERM) não será alvo de medidas de melhoria da qualidade do ar, ao contrário de outras onde as ultrapassagens ao valor limite médio anual se verificaram durante os vários anos em estudo (ver secção seguinte).

Espera-se assim, que estas excedências ao valor limite horário tenham sido uma excepção à regra e um episódio sem repetição, que serviu, no entanto, de aviso futuro para situações que envolvam um aumento das emissões de NO_x na área de envolvência da estação.

4.2. Ultrapassagens ao VL médio anual

Tal como descrito no Capítulo 2, desde 2006 que se verificam excedências ao valor limite anual legislado pelo DL nº 102/2010, de 23 de Setembro, para o poluente NO₂ em várias estações de tráfego, sendo relevante uma análise aprofundada para determinar quais os factores responsáveis por essas excedências.

Para determinar os factores responsáveis pelas excedências verificadas, efectuou-se uma análise detalhada aos dados de qualidade do ar medidos nos diferentes tipos de estações existentes na Região Norte para o período 2006-2010. Teve-se em conta o tipo de ambiente e influência das estações de qualidade do ar em estudo, sendo assim possível caracterizar a contribuição regional de fundo, a contribuição urbana de fundo e a contribuição do sector do transporte rodoviário para as concentrações medidas de NO₂.

Para avaliar a contribuição regional de fundo de NO₂, utilizaram-se as médias anuais medidas nas estações de qualidade do ar rurais de fundo existentes na Região Norte. Embora sejam apenas duas estações de qualidade do ar desta tipologia - Senhora do Minho e Lamas de Olo - consideram-se suficientes para serem representativas da Região Norte. A Figura 34 representa a média das concentrações médias anuais de NO₂ nas estações de qualidade do ar de fundo rural na Região Norte, de 2006 a 2010.

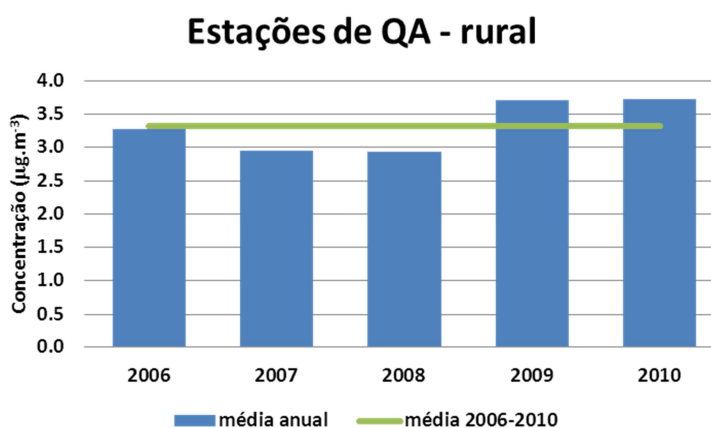


Figura 34. Média anual das concentrações de NO₂ para as estações de qualidade do ar de ambiente rural.

Foi aplicado o mesmo tipo de cálculo às estações de qualidade do ar de ambiente urbano de fundo (Figura 35).

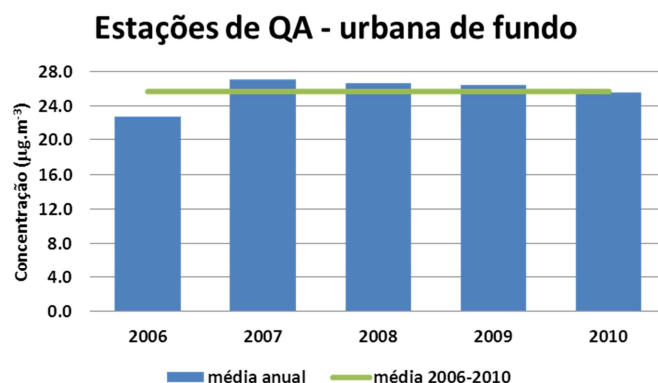


Figura 35. Média anual das concentrações de NO₂ para as estações de qualidade do ar de ambiente urbano de fundo.

A diferença entre os valores de concentração obtidos nas estações de qualidade do ar de fundo rural e urbano ($\approx 22 \mu\text{g.m}^{-3}$) indica a influência de fontes antropogénicas (carácter urbano) que são responsáveis pelos valores medidos de NO₂ na zona urbana. Destas fontes devem destacar-se a combustão residencial e comercial, que terá aqui um papel principal.

Por último, realizou-se o mesmo tipo de análise mas considerando agora as estações de qualidade do ar de ambiente urbano de tráfego (Figura 36).

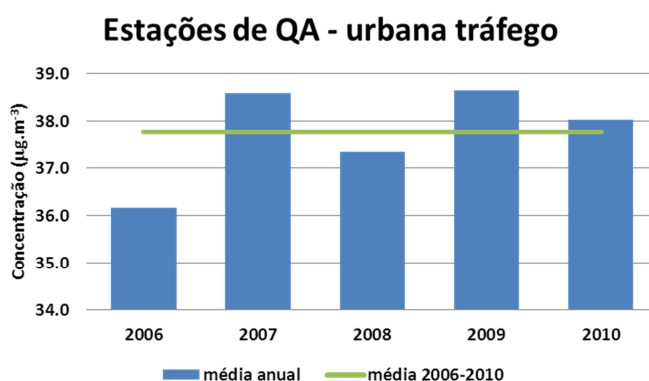


Figura 36. Média anual das concentrações de NO₂ para as estações de qualidade do ar de ambiente urbano de tráfego.

A diferença entre as concentrações medidas nas estações urbanas de fundo e as estações urbanas de tráfego ($\approx 12 \mu\text{g.m}^{-3}$) permite estimar a contribuição do tráfego nos valores medidos nestas estações.

Esta análise permite, pois, estimar a contribuição do tráfego nas concentrações de NO₂ medidas nesta área de estudo. Para isso, desta análise, obtém-se o valor da média, para o período 2006-2010, das médias anuais para as estações de fundo ($3.3 \mu\text{g.m}^{-3}$), para as estações urbanas ($25.7 \mu\text{g.m}^{-3}$) e para as estações urbanas de tráfego ($37.8 \mu\text{g.m}^{-3}$). Considera-se também que os valores medidos de NO₂,

nas estações urbanas de tráfego, são influenciados pelos valores de fundo e pela contribuição de outras fontes, para além da contribuição do tráfego. Assim, sabe-se que a média obtida para as estações de tráfego incluem a contribuição dos valores de fundo (valor da média obtida nas estações de fundo), a contribuição de outras fontes (valor da média obtida nas estações urbanas) e a contribuição do tráfego (diferença entre o valor da média obtida nas estações de tráfego e somatório dos valores da média obtida nas estações de fundo e estações urbanas). Na Figura 37 encontram-se resumidos os valores (%) determinados para os níveis de fundo, tráfego e outras fontes antropogénicas.

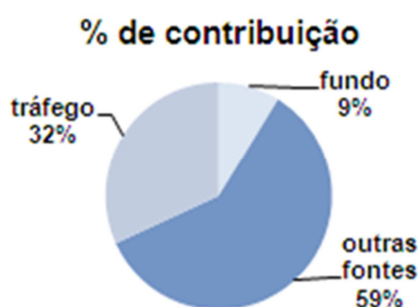


Figura 37. Percentagem de contribuição das fontes nas concentrações medidas nas estações de tráfego de NO₂ na Região Norte.

Pela Figura 37 é possível verificar que o tráfego é um sector com grande responsabilidade nas excedências de NO₂ ao nível local (32%).

Torna-se relevante, para além da caracterização ao nível local do sector com maior contribuição para os valores medidos de NO₂, avaliar nas zonas urbanas de fundo a contribuição dos diferentes sectores de actividade nas emissões de NO_x. Esta análise foi desenvolvida com base nos resultados apresentados no Capítulo 3 (Figura 38).

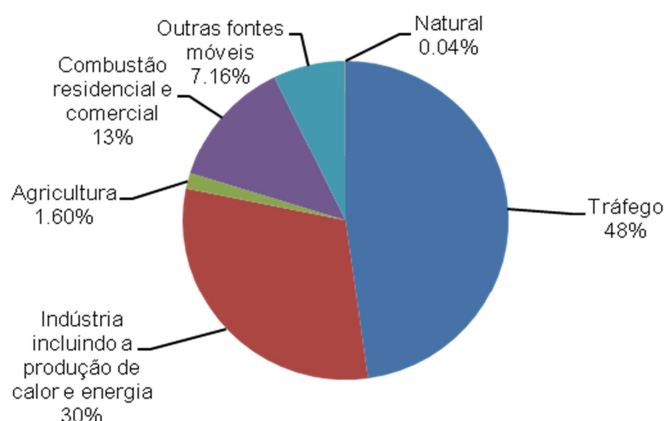


Figura 38. Representação gráfica da contribuição média percentual das emissões de NO_x por sector de actividade para as zonas urbanas.

Por último, a contribuição dos diferentes sectores para os ambientes urbanos de fundo e locais foi determinada com base nas duas análises efectuadas anteriormente. Assim, para o ambiente urbano de fundo recorreu-se aos valores percentuais obtidos pela análise do inventário de emissões e ao valor médio obtido nas estações de qualidade do ar de ambiente urbano de fundo.

A contribuição dos diferentes sectores para o ambiente local foi calculada tendo como base a informação proveniente da análise das estações de qualidade do ar, em que a contribuição do tráfego, neste tipo de ambiente, é de 32%. Este valor percentual foi incrementado à contribuição do sector tráfego no ambiente urbano de fundo, determinando-se assim a contribuição deste sector no ambiente local. As contribuições percentuais dos restantes sectores foi recalculada tendo em conta este novo valor para o sector tráfego (Tabela 7).

Tabela 7: Contribuição das diferentes fontes para as concentrações de NO₂, a nível local e urbano de fundo.

	Urbana de fundo		Local	
	%	Valor absoluto ⁽¹⁾	%	Valor absoluto ⁽²⁾
Total	100	25,7	100	37,8
Tráfego	47,80	12,3	79,8	30,2
Indústria incluindo produção de calor e energia	30,40	7,81	11,8	4,45
Agricultura	1,60	0,41	0,62	0,23
Combustão residencial e comercial	13,00	3,34	5,03	1,90
Outras fontes móveis	7,20	1,85	2,79	1,05
Natural	0,04	0,01	0,02	0,01

(1) - Valor médio de concentrações 2006-2010 urbanas de fundo

(2) - Valor médio de concentrações 2006-2010 urbanas de tráfego

Ao contrário das excedências ao valor limite horário, as excedências ao valor limite anual verificaram-se desde 2006 em diversas estações de qualidade do ar (Capítulo 2). No ano de 2010, que é considerado o ano de referência para este estudo, as estações de qualidade do ar que se encontram em incumprimento, relativamente ao valor limite anual, são: Antas, Águas Santas, Matosinhos, Senhora da Hora e Circular Sul.

Assim, de forma a reduzir o número de excedências ao valor limite anual serão definidas medidas de melhoria da qualidade do ar. Estas medidas serão nomeadamente dirigidas ao sector do tráfego que, pela análise realizada anteriormente, é o sector com maior contribuição nas concentrações medidas de NO₂ (urbana de fundo ≈ 48%; local ≈ 80%).

5. Estudo e selecção de medidas

Visando a melhoria da qualidade do ar na Região Norte e o cumprimento da legislação europeia e nacional em termos de qualidade do ar e, após ter sido detectado o incumprimento dos valores limite legais de partículas no ar ambiente na Região Norte no período 2001-2004, foi promovida pela CCDR-N a elaboração de uma estratégia para a mitigação das emissões deste poluente. Essa estratégia foi vertida no Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Norte, elaborado pela Universidade de Aveiro, e que apresentou um conjunto de medidas a aplicar nas aglomerações do Porto Litoral, Vale do Ave e Vale do Sousa, identificadas como aquelas em que os problemas de qualidade do ar justificavam uma intervenção ao nível da sua gestão (Borrego *et al.*, 2009b). Este plano foi publicado na Portaria 716/2008, de 6 de Agosto.

Para a implementação das medidas definidas no Plano de Melhoria, foi conduzida uma série de contactos entre as entidades identificadas como responsáveis pela execução das medidas previstas no Plano, a CCDR-N e a Universidade de Aveiro. A partir destes contactos foi definido um subconjunto de medidas a aplicar e que constitui o PERN – Programa de Execução do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Norte. Este documento foi aprovado pelo Despacho 20762/2009, de 16 de Setembro.

O número de entidades locais, regionais e nacionais a participar na implementação de medidas de redução da emissão de partículas na Região ascendeu a 34. As medidas protocoladas servem seis áreas de actuação: tráfego automóvel, indústria, obras de construção civil, aquecimento doméstico, agricultura/florestas e sensibilização ambiental. A listagem completa das medidas pode ser consultada no Despacho 20762/2009, de 16 de Setembro.

Para além do impacto do PERN ao nível da concentração de partículas na Região Norte, as medidas estipuladas neste Programa terão impacto significativo ao nível de outros poluentes, nomeadamente NO_x , visto estas medidas serem dirigidas a fontes de emissão, como por exemplo o tráfego rodoviário, que são preponderantes nos níveis de concentração deste poluente na Região Norte.

As medidas estipuladas no PERN, em função das entidades responsáveis pelo seu desenvolvimento e implementação, enquadram-se em dois tipos:

- Municipais, concretizadas em grande parte pela administração local;
- Supra-municipais, envolvendo frequentemente entidades da administração central e abrangendo mais do que um município.

De entre as medidas estipuladas no PERN foram seleccionadas as que se estima terem um maior impacto ao nível da redução das emissões de NO_x da Região Norte.

5.1. Medidas de âmbito municipal

Na Tabela 8 apresenta-se uma descrição sumária das medidas de âmbito municipal seleccionadas do PERN, protocoladas com diversos municípios e outras entidades com responsabilidades nas mesmas. A numeração das medidas encontra-se de acordo com a numeração estipulada para as medidas no PERN de forma a permitir uma mais fácil associação.

Tabela 8. Descrição sumária de medidas de âmbito municipal previstas no PERN.

Medidas	Descrição sumária
1. Introdução de veículos de baixa emissão nos transportes colectivos de passageiros e de mercadorias	Renovação das frotas de veículos pesados, através do abate de veículos antigos e eventual substituição por veículos novos, com menores emissões; utilização de combustíveis menos poluentes e/ ou sistemas de redução de emissões.
4. Renovação das frotas de táxis e de veículos de recolha de RSU	Renovação das frotas de veículos de recolha de RSU e de táxis, através do abate de veículos antigos e eventual substituição por veículos novos, com menores emissões; utilização de combustíveis menos poluentes e/ ou sistemas de redução de emissões.
5. Diminuição da percentagem de veículos pesados de mercadorias em circulação	Diminuição do número de camiões em circulação nos centros das cidades, através de restrições à sua circulação.
17. Reforço da fiscalização das fontes industriais	Reforço da verificação do cumprimento da legislação nacional em vigor no campo das emissões atmosféricas. Inventariação de fontes a nível concelhio.
19. Redução das emissões da combustão residencial	Instalação de lareiras certificadas nas novas habitações, através da inclusão de obrigações em regulamentos municipais; Sensibilização da população para a substituição de lareiras tradicionais por equipamentos certificados, com menores emissões associadas.
24. Medidas ao nível da sensibilização/recomendações	A sensibilização e informação à população, empresários ou autarquias através dos meios de comunicação social, fóruns, relatórios ambientais ou incentivos são fulcrais para o sucesso da implementação das medidas de melhoria da qualidade do ar previstas no PERN.

5.2. Medidas de âmbito supra-municipais

As medidas de âmbito supra-municipal (contidas também no PERN) seleccionadas para este trabalho incluem medidas desenvolvidas pela administração central (normalmente de âmbito nacional), assim como medidas a desenvolver por outras entidades com impacto e abrangência superior aos limites físicos de um único município. A Tabela 9 apresenta uma descrição sumária de medidas supra-municipais cuja implementação permite reduzir as emissões, assim como as concentrações, de NO_x na Região Norte.

Tabela 9. Descrição sumária de medidas de âmbito supra-municipal incluídas no PERN e entidades responsáveis pelas mesmas.

Medidas	Entidades responsáveis	Descrição sumária
S1. Introdução e veículos de baixa emissão nos transportes colectivos de passageiros e de mercadorias	STCP	Esta medida visa a renovação das frotas de veículos pesados, através da substituição de veículos antigos.
S2. Melhorias na rede de transportes colectivos	Metro do Porto	Esta medida implica melhorias no desempenho das frotas/rede de transportes colectivos (extensão das linhas, eliminação passagens de nível).
S4. Levantamento dos sistemas de despoluição de efluentes gasosos nas indústrias da Região Norte	AEP	Levantamento, pela AEP, da realidade da Região no que concerne ao tipo de sistemas de despoluição utilizados, avaliando a sua eficácia e adequação, assim como procedendo à sensibilização dos industriais neste campo. Este é um projecto-piloto que se iniciará pelo sector das madeiras e cortiças (CAE 16), mas que deverá, futuramente, ser estendido a outros sectores da indústria.
S5. Reforço da fiscalização das fontes pontuais	CCDR-N, GNR (SEPNA)	Celebração de um protocolo entre a CCDR-N e o Serviço Especial de Protecção da Natureza e do Ambiente (SEPNA), com o objectivo de reforçar a fiscalização ao nível das fontes industriais sujeitas a medição pontual, com especial incidência nos Concelhos com maiores emissões neste sector. Desenvolvimento, por parte a CCDR-N, de uma plataforma informática que vai permitir o registo on-line e o armazenamento em base de dados de toda a informação relativa à entrega dos Relatórios de Autocontrolo das indústrias, ferramenta que permite aumentar o controlo e validação e, conseqüente, melhoria dos mecanismos de fiscalização por parte da administração central.
S8. Medidas de sensibilização/recomendações	JMP, Lipor, PSP, STCP, CCDR-N	Sensibilização ambiental de nível regional/multi-municipal. Plano de comunicação, por parte da CCDR-N, com a duração de 2 anos e que versa um conjunto de acções destinadas a diferentes sectores da sociedade civil.

Na Tabela 10 apresenta-se a descrição de medidas supra-municipais inerentes a outras estratégias nacionais e que também contribuem para a melhoria da qualidade do ar na Região Norte, ao favorecer a redução das emissões de NO_x.

Tabela 10. Descrição de medidas supra-municipais inerentes a outras estratégias nacionais

Medidas	Entidades responsáveis	Descrição sumária
S19. Fixação de novos valores limite de emissão para fontes fixas e instalações de combustão	CCDR, APA, IGAOT	Imposição de uma nova gama de valores limite de emissão, mais consonantes com o progresso técnico e com um nível de exigência mais restritivo, em linha com os VLE em vigor nos países da União Europeia, com VLE mais actuais.
S20. Certificação de equipamento de combustão residencial	CCDR-N, IPQ, MAOTDR, MOPTC	Criação de normas para certificação de equipamentos de combustão residencial, quanto às suas emissões; Elaboração da regulamentação que torne obrigatória a certificação de novos equipamentos de combustão residencial.

Este conjunto de medidas municipais e supra-municipais foi avaliado em termos do seu impacto na redução das emissões de NO_x (Anexos A e B), sendo que a eficácia dessa mesma redução na qualidade do ar será estimada com recurso a técnicas de modelação (Capítulo 6). Assim, será possível aferir se as medidas seleccionadas serão capazes e suficientes de melhorar a qualidade do ar na Região Norte em termos dos valores de concentração de NO₂.

6. Modelação da qualidade do ar

A modelação numérica para a avaliação da qualidade do ar constitui uma ferramenta fundamental na elaboração do Plano de Qualidade do Ar (PQA), dado poder ser utilizada para estimar o impacto das medidas propostas. Nesse sentido, a modelação foi usada para estimar o impacto de um cenário de redução (CR) de emissões de NO₂ na Região Norte, comparativamente com o cenário base (CB) – situação de referência para o ano de 2010. Relativamente à construção do cenário de redução, foram usadas as medidas descritas no Capítulo 5, para as quais foi possível estimar a redução das emissões de NO₂ decorrentes da sua aplicação (ver Anexo A e B).

6.1. Modelo de Qualidade do ar TAPM

O modelo utilizado para a simulação da qualidade do ar na região de estudo, *The Air Pollution Model* (TAPM) (Hurley *et al.*, 2005), desenvolvido pela Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), é um modelo de prognóstico meteorológico, de mesoscala e de dispersão atmosférica a três dimensões, que se baseia na resolução das principais equações da dinâmica de fluídos e de transporte para estimar a meteorologia e a concentração de poluentes. Através da integração de dois módulos principais, um meteorológico e outro de poluição atmosférica, o TAPM consegue estimar parâmetros meteorológicos importantes para a simulação da dispersão, tanto à escala local como à escala regional.

No primeiro módulo, o modelo estima os parâmetros meteorológicos, que serão usados pelo módulo de dispersão de poluentes. Para estimar estes parâmetros, o TAPM utiliza bases de dados globais de orografia, uso do solo, temperatura superficial e condições sinópticas. Para o cálculo das componentes horizontais do vento, o modelo resolve a equação da conservação da quantidade de movimento e, para a componente vertical, a equação da continuidade de um fluido incompressível. A temperatura potencial e a humidade específica são determinadas com base na equação da conservação de escalares (Hurley *et al.*, 2005).

Na componente de qualidade do ar, o TAPM simula processos físico-químicos associados à produção, transporte, dispersão e deposição de poluentes atmosféricos reactivos e inertes, utilizando a formulação Euleriana tridimensional. O modelo possibilita a entrada de dados de emissões de fontes pontuais, de fontes em linha e de fontes em área. Tem ainda como opção a abordagem

Lagrangeana para fontes pontuais. O TAPM considera também a deposição seca e húmida de poluentes, permitindo a simulação dos efeitos dos edifícios próximos, quando estes têm grande influência sobre o escoamento atmosférico (Sá e Calado, 2007). O mecanismo químico do TAPM é baseado num mecanismo semi-empírico denominado “Generic Reaction Set”, considerando 10 reacções para 13 espécies: óxido de azoto (NO), NO₂, O₃, SO₂, smog reactivo, mistura de radicais, peróxido de hidrogénio, carbono orgânico não-gasoso estável, produtos gasosos estáveis de azoto, produtos não-gasosos estáveis de azoto, produtos não-gasosos estáveis do enxofre, partículas totais e partículas finas, que incluem as partículas secundárias.

O modelo inclui *software* para a visualização e extracção de séries temporais do campo tridimensional de concentrações de um poluente, apresentando ainda resumos estatísticos da meteorologia e da concentração de poluentes ao nível do solo.

6.2. Modelação da qualidade do ar para a Região de Estudo

A simulação numérica com o TAPM foi iniciada com os dados de análises sinópticas europeias de 2010 fornecidos pelo CSIRO. Foi aplicado usando a técnica de *nesting* na componente meteorológica do modelo, a três domínios, cobrindo a Península Ibérica (D1), Regiões Norte e Centro (D2) e a Região Norte (D3), com resoluções espaciais de 43.2, 14.4 e 4.8 km, respectivamente. O último domínio (D3) corresponde ao domínio de simulação da qualidade do ar da região de estudo, com dimensões de 120x120 km² (Figura 39).

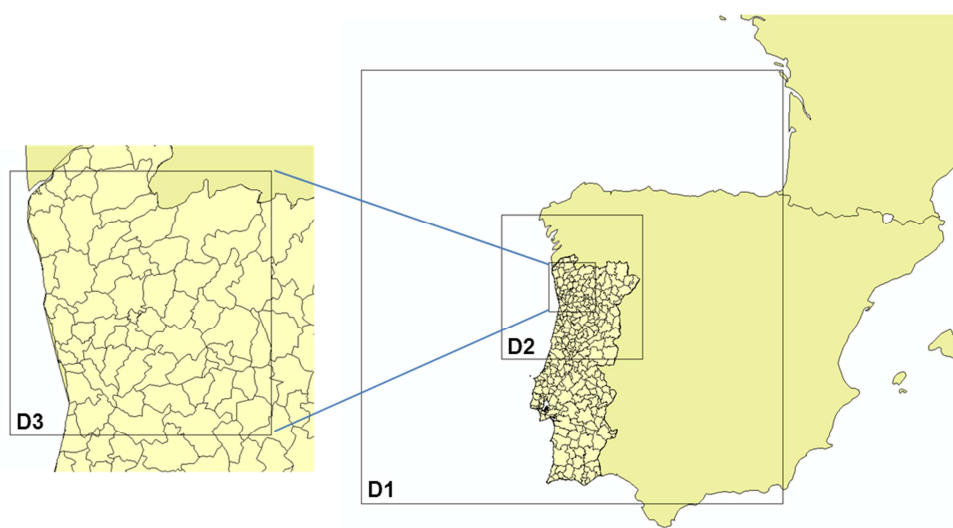


Figura 39. Domínios utilizados na simulação com o TAPM.

Relativamente às emissões, utilizaram-se os dados reportados no inventário de emissões de poluentes atmosféricos da Região Norte, relativos a 2008 (Borrego

et al., 2009a). As fontes em área encontravam-se desagregadas por concelho e divididas num conjunto de actividades de acordo com as seguintes categorias SNAP (do inglês *Selected Nomenclature for Air Pollution*): combustão residencial e comercial (S2); combustão industrial (S3); processos de produção (S4); extracção e distribuição de combustíveis (S5); uso de solventes (S6); transportes rodoviários; outras fontes móveis (S8); tratamento e deposição de resíduos (S9).

Antes da análise dos resultados da modelação, foi feita uma avaliação do desempenho deste por comparação entre os dados simulados e medidos em estações de monitorização.

6.2.1. Avaliação do modelo TAPM

A avaliação do comportamento do modelo, tanto para a componente meteorológica, como para a componente de poluição atmosférica, foi realizada para o Domínio D3, por comparação entre os valores medidos e os simulados.

De forma a validar a simulação foram usados alguns indicadores de qualidade, apresentados na Tabela 11, já utilizados noutros estudos realizados com o TAPM (Luhar e Hurley, 2004; Sousa, S., 2007; Sousa, P., 2008).

Tabela 11. Indicadores de qualidade utilizados na validação das simulações do TAPM e respectivas descrições.

Parâmetro	Equação	Valor ideal
Erro sistemático médio (BIAS)	$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)}{N}$	0
Índices de Capacidade/habilidade (SKILL _R e SKILL _E)	$SKILL_R = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}$	-
	$SKILL_E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [(O_i - \bar{O}) - (P_i - \bar{P})]^2}$	
Índice de concordância (IOA)	$IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{O} + O_i - \bar{O})^2}$	1
Correlação (r)	$r = \frac{N \left(\sum_{i=1}^N O_i P_i \right) - \left(\sum_{i=1}^N O_i \right) \left(\sum_{i=1}^N P_i \right)}{\sqrt{\left[N \left(\sum_{i=1}^N O_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^N O_i \right)^2 \right] \left[N \left(\sum_{i=1}^N P_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^N P_i \right)^2 \right]}}$	1

O_i – valores observados, P_i – valores simulados; N – números de dados do intervalo

O parâmetro BIAS é indicativo do desvio existente entre as concentrações simuladas e observadas, sendo zero (desvio nulo) o valor ideal. Com base nos valores obtidos para o BIAS é possível saber qual a tendência dos erros cometidos pelo modelo (valores positivos demonstram que o modelo tem tendência para subestimar as concentrações enquanto se forem negativos o

modelo tende a sobrestimar as concentrações) (Monteiro, 2007; Borrego *et al.*, 2008b).

Os índices de capacidade/habilidade evidenciam a relação entre os erros quadráticos médios e o desvio padrão dos valores observados. Valores destes índices inferiores a 1 indiciam um bom comportamento do modelo.

O índice de concordância (IOA, do inglês *Index of Agreement*) avalia a discrepância entre as estimativas feitas pelo modelo e as medições e é sensível a alterações na proporcionalidade. Se o IOA for superior a 0,5 considera-se que o modelo tem um bom comportamento, sendo o índice 1 o ajuste perfeito (Sá e Calado, 2007).

Componente meteorológica

Para a validação da simulação meteorológica do TAPM os dados simulados foram comparados com os dados medidos na estação meteorológica de Barcelos (*Lat 41° 31'33.6" N, Long 8° 37'26.4" W*), sendo a única estação meteorológica com dados validados disponíveis para 2010. Apresenta-se nas Figuras 40 e 41 a variação temporal da temperatura e velocidade do vento, observadas e previstas pelo modelo, para 2010, para a estação meteorológica de Barcelos.

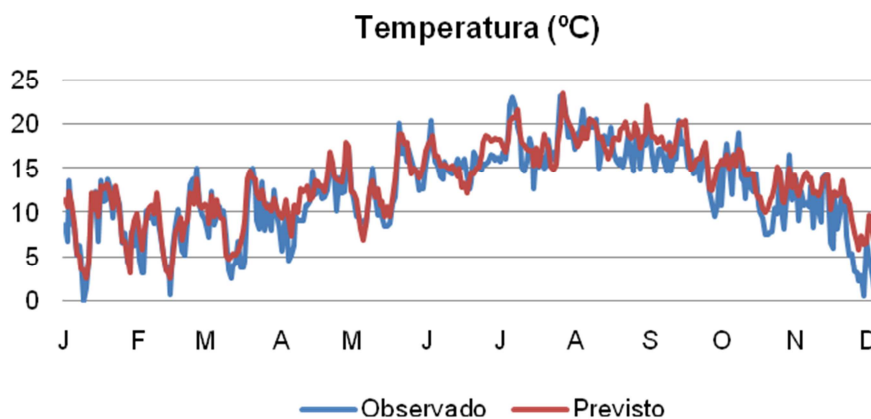


Figura 40. Comparação da temperatura média diária observada em Barcelos e a prevista pelo TAPM.

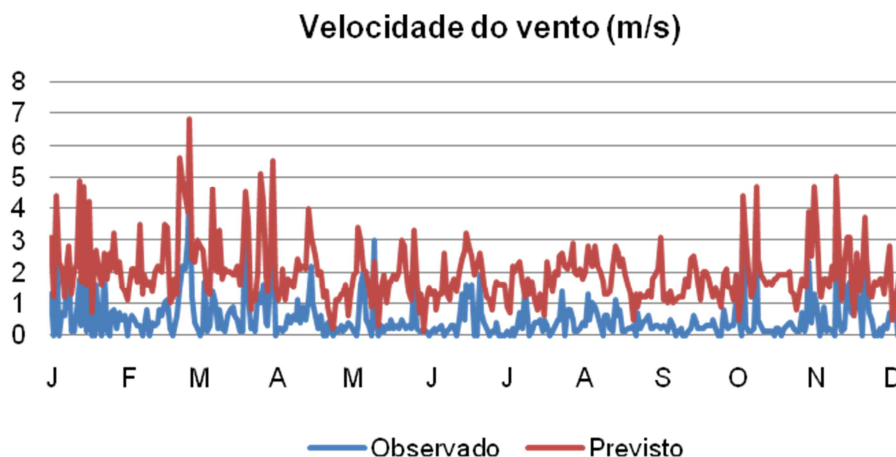


Figura 41. Comparação da temperatura média diária observada em Barcelos e a prevista pelo TAPM

De forma a complementar a análise estatística, apresentam-se, na Tabela 12, os resultados da análise estatística dos parâmetros temperatura (TEMP), velocidade do vento (VV) e direcção do vento (DV).

Tabela 12. Indicadores de qualidade para a simulação meteorológica do TAPM.

	TEMP	VV	DV
BIAS	-0.04	-1.26	10.19
SKILLr	0.06	2.02	0.01
SKILLe	0.05	1.10	0.01
IOA	0.95	0.58	0.63
r	0.93	0.60	0.35

Os resultados da validação da simulação da componente meteorológica do modelo TAPM, indicam que o parâmetro temperatura é correctamente simulado pelo modelo. A Tabela 12 mostra um BIAS com um valor muito próximo de zero, apresentando o modelo um desvio muito pequeno, quase nulo nos valores de temperatura. O índice de concordância e a correlação, à semelhança dos restantes indicadores, reflecte também o bom comportamento do modelo, apresentando valores próximos de 1. A Figura 41 corrobora a análise dos indicadores de qualidade, evidenciando que o modelo segue as tendências de variação de temperatura observadas e que sobrestima os valores de velocidade do vento.

Relativamente à velocidade e direcção do vento, denota-se uma maior dificuldade do modelo na sua reprodução, apresentando valores para os índices de habilidade/capacidade menos satisfatórios. A correlação para a direcção do vento não é muito satisfatória, existindo um melhor resultado para a velocidade do vento. Apesar de tudo, os índices de concordância são superiores a 0,5 nos dois parâmetros, o que indica que o modelo consegue simular de forma razoável o comportamento do vento.

Componente de qualidade do ar

Para avaliação do comportamento do modelo na simulação da qualidade do ar, para a região de estudo, foi efectuada a validação, para o domínio D3, por comparação com os dados de concentração de NO₂ medidos nas estações de monitorização da Região Norte que apresentaram excedências ao valor limite anual de NO₂ – Antas (ANT), Águas Santas (ASNT), Circular Sul (CSUL), Matosinhos (MAT) e Senhora da Hora (SHOR), todas estações de tráfego. Foram também usados, na validação, os dados de outras estações suburbanas de fundo da Região Norte – Calendário (CAL), Horto (HOR), Mindelo (MIN), Sobreiras (SOB) e Vila Nova da Telha (VNT).

Apresentam-se, de seguida, os resultados da análise estatística da modelação da qualidade do ar realizada com o TAPM, relativa ao NO₂ (Tabela 13), para as estações de qualidade do ar seleccionadas.

Tabela 13. Indicadores de qualidade para a simulação meteorológica do TAPM

	urbana tráfego					suburbana fundo				
	ANT	ASNT	CSUL	MAT	SHOR	CAL	HOR	MIN	SOB	VNT
r	0.33	0.40	0.40	0.49	0.34	0.27	0.41	0.42	0.50	0.35
IOA	0.49	0.58	0.51	0.58	0.53	0.51	0.54	0.53	0.54	0.50
RMSE	0.71	0.65	0.70	0.65	0.69	0.70	0.68	0.68	0.68	0.71
SKILLr	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.05	0.04	0.04	0.02	0.03
BIAS	-26.53	-19.88	-31.28	-21.58	-23.57	1.34	-0.13	-0.93	-12.28	-1.17

Denota-se, da análise da Tabela 13, uma tendência geral do modelo para sobrestimar as concentrações de NO₂, dado que o parâmetro BIAS apresenta valores negativos para todas as estações, à excepção da estação Calendário. A estação de Calendário é a que apresenta pior correlação ($r < 0.3$), apresentando quase todas as estações apresentam valores de correlação acima de 0.4.

A Tabela 13 mostra ainda que os índices de capacidade/habilidade apresentam valores abaixo da unidade, o que indica que os erros quadráticos médios são inferiores ao desvio padrão dos valores observados.

Também os valores do índice de concordância, em todas as estações, com excepção da estação das Antas, são superiores a 0.5, valor acima do qual se considera que o modelo apresenta um bom comportamento.

6.2.2. Avaliação do impacto das medidas nas emissões e concentrações de NO₂

O impacto do conjunto de medidas (M1, M2, M4, M5, M17, M19, S1, S4, S5, S19 e S20) incluídas no PERN, previamente seleccionadas, nas emissões de NO_x na Região Norte, foi avaliado tendo-se subtraído às emissões para o cenário prévio à implementação do PERN, as emissões de NO_x evitadas pela aplicação do conjunto de medidas.

A redução devida à aplicação das medidas relativas à imposição de VLE de NO_x mais restritivos para a indústria (S19) e ao reforço da fiscalização de fontes pontuais (M17 e S5), foi estimada em conjunto, visto serem medidas que se aplicam às mesmas fontes e que estão intimamente relacionadas, complementando-se. Do mesmo modo, também o impacto das medidas que visam a redução das emissões provenientes da combustão residencial (M19 e S20) foi estimado em conjunto.

A Tabela 14 apresenta a estimativa de redução das emissões de NO_x, por categoria SNAP e por concelho, associada às medidas propostas no cenário de redução.

Tabela 14. Impacto do cenário de redução ao nível das emissões de NO₂, por categoria SNAP e por concelho, na Região Norte.

Sector	Concelho	Variação emissões NO _x (t/ano)	% variação emissões NO _x
S7	Espinho	-25,7	-12,4%
	Felgueiras	-52,1	-12,4%
	Gondomar	-28,3	-2,6%
	Guimarães	-23,6	-2,0%
	Maia	-6,9	-0,5%
	Matosinhos	-304,0	-14,7%
	O. Azeméis	-10,5	-2,0%
	Paredes	-18,4	-2,1%
	Porto	-110,3	-5,3%
	Póvoa Lanhoso	-3,9	-2,0%
	Póvoa Varzim	+0,8	+0,1%
	S. Tirso	-84,5	-14,5%
	S.M. Feira	-25,2	-2,0%
	Trofa	+0,1	0,0%
	V.Conde	-1,0	-0,1%
	V.N. Famalicão	-185,9	-14,6%
	V.N. Gaia	-268,1	-12,7%

	Valongo	-20,4	-2,4%
	Região Norte	-1167,9	-4,1%
S2	Região Norte	-1556,9	-20%
S3	Região Norte	-436,9	-5%

S7 – transportes rodoviários; S2 – combustão não industrial (residencial, comércio e serviços)e comercial; S3 - combustão na indústria

As medidas relativas ao sector S2 e S3 têm um âmbito regional e irão reflectir-se, sobretudo, nos valores de fundo. As restantes medidas relativas aos transportes rodoviários (tráfego) serão primordiais para a redução dos níveis de NO₂ nas áreas urbanas e principais vias de tráfego.

Pela Tabela 14 verifica-se que nas categorias SNAP 2 e SNAP 7 são obtidas as maiores reduções nas emissões de NO_x. Para a SNAP 7 os concelhos que têm uma redução mais elevada, como Matosinhos, V. N. de Gaia, Espinho ou Porto, são os concelhos onde as emissões deste sector apresentam valores elevados.

No que respeita ao impacto das medidas ao nível da concentração de NO₂, e após aplicação do modelo TAPM à região de estudo, para dois cenários de emissão distintos - cenário base e cenário de redução, apresenta-se, na Figura 42, a diferença entre os valores de concentração média anual de NO₂, estimados pelos dois cenários.

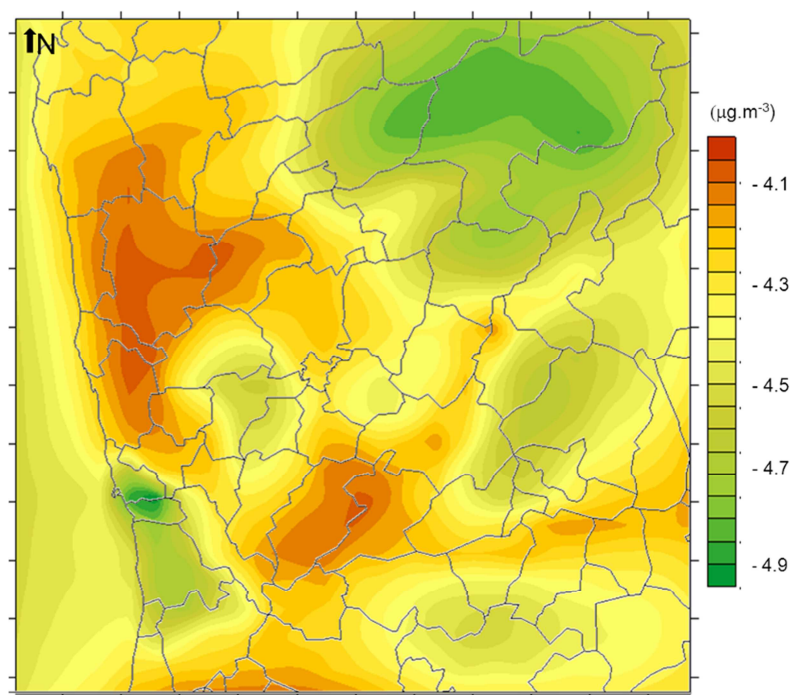


Figura 42. Diferenças de concentração média anual de NO₂ entre o cenário de redução e o cenário base, em valores absolutos.

Da análise da Figura 43 depreende-se que a aplicação do cenário de redução resulta, na Região Norte, numa redução da concentração média anual de NO₂ entre os 4 µg.m⁻³ e os 5 µg.m⁻³, relativamente aos valores da simulação para o cenário base.

Dado que as excedências são relativas ao valor limite anual para o NO₂, importa verificar se a redução estimada pelo TAPM, quando aplicada aos valores de média anual obtidos nas estações de qualidade do ar em incumprimento, é suficiente para que essas mesmas estações passem a cumprir os valores legislados.

Apresenta-se, na Tabela 15 e na Figura 43, a média anual recalculada tendo em conta a diferença estimada pela simulação do TAPM (cenário de redução e cenário base).

Tabela 15. Concentrações médias anuais medidas em 2010 e redução estimada por implementação das medidas incluídas no cenário de redução, para estações de qualidade do ar da Região Norte em incumprimento

(µg.m ⁻³)	ANT	ASNT	CSUL	MAT	SHOR
média anual medida*	50.9	44.1	47.7	41.6	42.6
Diferença (cenário redução-cenário base)	-4.5	-4.4	-4.2	-4.5	-4.8
média anual recalculada**	46.5	39.7	43.5	37.1	37.8

* média anual calculada com os valores medidos nas estações de qualidade do ar

** média anual calculada com os valores medidos nas estações de qualidade do ar, tendo em conta a redução obtida pela simulação do TAPM

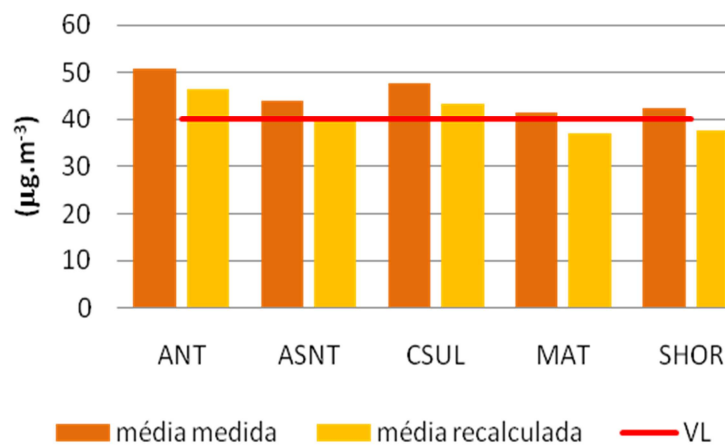


Figura 43. Concentrações médias anuais medidas em 2010 e resultantes da implementação das medidas incluídas no cenário de redução, para estações de qualidade do ar da Região Norte em incumprimento.

Pela Figura 44 depreende-se que, com a implementação das medidas seleccionadas para a Região Norte, as estações de qualidade do ar em incumprimento diminuem significativamente o valor de concentração média anual de NO₂. No entanto, só três das cinco estações de qualidade do ar que apresentaram excedências em 2010, passam a cumprir o valor limite legislado de 40 µg.m⁻³. A estação de qualidade do ar das Antas, bem como a da Circular Sul, embora diminuam o seu valor médio anual continuam a não cumprir o valor limite. Assim, e atendendo a que estas estações são fortemente influenciadas pelas emissões locais, poderá justificar-se a implementação de medidas adicionais a nível local, nas proximidades destas estações de qualidade do ar.

7. Considerações finais

A análise à qualidade do ar da Região Norte permitiu verificar que, desde 2006, têm ocorrido excedências aos valores limite horários e anuais (acrescidos da margem de tolerância, quando aplicável) fixados na legislação para o NO₂, para protecção da saúde humana.

No que diz respeito aos valores limite horários, apenas se verificou um incumprimento, na estação de qualidade do ar de Ermesinde, onde se registaram mais do que 18 excedências em 2009. As ultrapassagens ao valor horário de 200 µg.m⁻³ de NO₂ ocorreram num período restrito do ano de 2009: 15 Fevereiro – 15 Março. Este incumprimento específico deveu-se a uma combinação de factores que envolveram condições sinópticas de grande estabilidade atmosférica, propícias à estagnação e acumulação dos poluentes (concentrações elevadas de NO₂ e PM também foram registadas noutras estações), e à existência de fontes emissoras temporárias locais que potenciaram a magnitude dos picos de NO₂ observados exclusivamente naquele local. Entre as várias actividades identificadas salienta-se a construção de um centro comercial na proximidade da estação, asfaltagem da estrada junto ao jardim onde está localizada a estação e execução de obras de reconversão de uma ribeira próxima deste jardim.

Relativamente ao incumprimento dos valores limite anuais (acrescidos da margem de tolerância), estes apenas se verificam em estações urbanas de tráfego. Em 2010, eram cinco as estações que se encontravam nesta situação – Águas Santas, Antas, Circular Sul, Matosinhos e Senhora da Hora. Importa referir que a estação de Matosinhos foi realocada, em Junho de 2010, por não cumprir os critérios de localização, em micro escala, fixados no DL nº 102/2010, de 23 de Setembro e que a estação de Águas Santas será desativada a partir de Janeiro de 2012, no âmbito de uma remodelação da rede de medida da qualidade do ar da Região Norte, com o objetivo de tornar esta rede mais representativa e mais ajustada à realidade desta Região.

Uma análise espacial das emissões de óxidos de azoto, desagregadas ao nível do concelho e por sector, permitiu identificar as regiões onde os níveis de emissões são mais elevados, bem como os seus principais sectores de actividade. De um modo geral, verificou-se que todas as freguesias envolvidas às estações de qualidade do ar, que registaram ultrapassagens, estão significativamente associadas a elevados níveis de emissões provenientes do sector industrial, da combustão residencial e comercial e do tráfego rodoviário, destacando este último como a principal fonte emissora.

Ao conjugar a informação proveniente da análise do inventário de emissões com a informação resultante da análise dos dados medidos nas estações de qualidade do ar, estimou-se que a contribuição das emissões do tráfego rodoviário para as concentrações de NO₂ nas estações urbanas de tráfego seja aproximadamente 80%, 32% com origem no tráfego local.

O Programa de Execução da Região Norte, onde estão estipuladas as medidas para redução das concentrações de PM10, e que decorre das ultrapassagens aos valores limite para este poluente registadas no período de 2001 a 2006, terá também um impacto relevante ao nível da redução das concentrações de NO₂, por medidas neles vertidas são dirigidas às principais fontes de emissão de NO_x, mormente, o tráfego rodoviário.

De forma a avaliar o impacto de medidas incluídas no PERN nas emissões de NO_x na Região Norte, foi seleccionado um conjunto de medidas (M1, M2, M4, M5, M17, M19, S1, S4, S5, S19 e S20), tendo-se subtraído às emissões para o cenário prévio à implementação do PERN, as emissões de NO_x evitadas pela aplicação das mesmas. O modelo de qualidade do ar TAPM foi aplicado ao ano meteorológico de 2010, considerando as emissões do cenário referência (sem medidas de redução) e, considerando a redução das emissões associadas à implementação das medidas seleccionadas. A diferença entre os resultados das simulações dos dois cenários (referência e de redução) permitiu estimar o impacto das referidas medidas nos níveis de NO₂ no ar ambiente. As medidas estipuladas no PERN têm um prazo de implementação que termina no final do ano de 2011, o cenário estudado corresponderá à situação que se prevê para o ano de 2012, ao nível das concentrações de NO_x na Região Norte.

A modelação do cenário de redução, para a Região Norte, resultou numa redução da concentração média anual de NO₂ que varia entre 4 µg.m⁻³ e 5 µg.m⁻³. Neste cenário, as estações de qualidade do ar em incumprimento diminuem significativamente o valor de concentração média anual de NO₂. No entanto, só três das cinco estações de qualidade do ar passam a cumprir o valor limite legislado de 40 µg.m⁻³. A estação de qualidade do ar das Antas, bem como a da Circular Sul, embora diminuam o seu valor médio anual, continuarão a não cumprir o valor limite. Assim, e atendendo a que estas estações são fortemente influenciadas pelas emissões locais, poderá justificar-se a implementação de medidas adicionais a nível local, nas proximidades destas estações de qualidade do ar.

Para o cumprimento dos valores limite de NO_x antes do prazo máximo de prorrogação, que é 2015, deverá aproveitar-se a considerável articulação entre entidades, conseguida através do PERN, para concretizar eficazmente e melhorar as medidas para diminuir as emissões de NO_x.

As medidas adicionais a implementar deverão ser dirigidas ao tráfego rodoviário, que a nível local se estima que contribuía em cerca de 32% para as concentrações de NO₂, e poderão passar pela redução efectiva da velocidade praticada e o condicionamento/proibição de circulação dos veículos mais poluentes (veículos pesados, por exemplo).

8. Referências bibliográficas

- AFN (2009). Áreas áridas e ocorrências em 2008, Autoridade Florestal Nacional.
- APA (2010). Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2008: Gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados e gases com efeito de estufa. Agência Portuguesa do Ambiente (APA), 69pp.
- Borrego, C., Monteiro, A., Carvalho, A., Tchepel, O., Miranda, A.I., Strunk, A., Elbern, H., Saavedra, S., Rodríguez, A., Souto, J.A., Casares, J. (2010). High ozone levels in a rural mountainous area: where does it come from? In 31th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, 27 Set.-01 Out. 2010, Torino, Italia.
- Borrego, C., Miranda, A.I., Ferreira, J., Tchepel, O., Monteiro, A., Dias, D., Ribeiro, I., Tavares, R., Barbedo, P. (2009a). *Melhoria do Actual Inventário de Poluentes Atmosféricos da Região Norte – relatório final*, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, AMB-QA-09/2009, Portugal.
- Borrego, C., Miranda, A. I., Sousa, S., Carvalho, A., Dias, D., Sá E., Martins, H., Ferreira, J., Valente J., Varum, C., Jorge, S. (2009b). Proposta de Programa de Execução do Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Norte. Universidade de Aveiro. AMB-QA 4/2009, Aveiro, Portugal.
- Borrego C., Miranda A.I., Monteiro A., Tchepel O., Martins H., Tavares R., Gonçalves L., Barbedo P. (2008a). Inventário das emissões de poluentes atmosféricos da Região Norte - Relatório R3. Universidade de Aveiro. AMB-QA-06/2008, Aveiro, Portugal.
- Borrego, C., Monteiro, A., Ferreira, J., Miranda, A.I., Costa, A.M., Carvalho, A.C., Lopes, M. (2008b). Procedures for estimation of modelling uncertainty in air quality assessment. *Environment International* 34, 613-620.
- EEA, European Environmental Agency - Criteria for EUROAINET: The EEA Air Quality Monitoring and Information Network. EEA, Technical Report No 12, Copenhagen, 1999. Web site: <http://reports.eea.eu.int/TEC12/en/tech12.pdf>.
- Evtugina M.G., Pio C.A., Nunes T., Pinho P. (2007). Photochemical ozone formation at Portugal West Coast under sea breeze conditions as assessed by master chemical mechanism model. *Atmos Environ.* 41, 2171-2182.
- Hurley P., Physick W., Luhar K. (2005). TAPM: a practical approach to prognostic meteorological and air pollution modelling. *Environmental Modelling & Software* 2005; 20: 737-752.

Luhar, A., Hurley, P. (2004). Application of a prognostic model TAPM to seabreeze flows, surface concentrations and fumigation plumes. *Environmental Modelling and Software* 19, 591-601.

Miranda, A.I. (2004) - An integrated numerical system to estimate air quality effects of forest fires, *Int. J. Wildland Fire* 13(2), 217-226. DOI: 10.1071/WF02047

Monteiro, A. (2007). Desenvolvimento de um sistema de avaliação e previsão da qualidade do ar em Portugal, dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Doutor em Ciências Aplicadas ao Ambiente.

Sá, M. E., Calado D. (2007): Aplicação de um modelo de qualidade do ar para a região litoral centro. Relatório final de projecto do curso de Eng. do ambiente, Universidade de Aveiro.

Soltic P., Weilenmann M (2002): Partitioning of NOx Emissions for Gasoline Passenger Cars and Light Duty Trucks. *Proceeding of 11th International Conference Transport and Air Pollution, Graz, v.2, pp. 49-56.*

Sousa, P. (2008). Simulação da qualidade do ar para Portugal com o modelo TAPM. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

Sousa, S. (2007). Plano de Melhoria da Qualidade do Ar da Região Norte, dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente.

URL1: Instituto Nacional de Estatística:

<http://www.ine.pt/censos2001/censos.asp>

URL2: <http://www.wetterzentrale.de/>

URL3: HYSPLIT model webpage: http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php

Anexos



Anexo A - Análise do impacto das medidas do PERN nas emissões de NO_x

A estimativa das emissões foi efectuada com base nos dados de 2008, bem como em informações estatísticas fundamentadas em bibliografia, no Inventário de Emissões da Região Norte (Borrego *et al.*, 2009) e informação fornecida pelas Câmaras Municipais.

Os factores de emissão utilizados no cálculo das emissões de PM10 foram ponderados tendo em conta condições como a distribuição das tipologias de veículos em Portugal, idade média dos veículos, distâncias percorridas e velocidades praticadas.

A1. Redução das emissões da combustão residencial (M19, S20)

De acordo com o Departamento de qualidade ambiental (Department of Environmental Quality) do estado de Oregon (USA) (URL 1), os equipamentos de combustão residencial certificados permitem reduções das emissões de NO_x entre 12% a 28%. Assumindo que as lareiras convencionais são substituídas por equipamento certificados e que estes permitem reduzir as emissões de NO_x em média 20%, o impacto desta medida traduz-se numa redução de 20% das emissões de NO_x na Região Norte, relativamente à categoria SNAP 2.

A2. Definição de Novos VLE de Partículas para indústria e Reforço da fiscalização de fontes pontuais (M17, S5, S19)

As Portarias n.º 675/2009 e 677/2009, de 23 de Junho, vieram estabelecer VLE para NO_x mais adequados e consonantes com o progresso tecnológico, sendo, na sua maioria, mais restritivos, relativamente aos VLE anteriormente em vigor.

O reforço da fiscalização das fontes pontuais, como por exemplo no âmbito do protocolo celebrado entre a CCDR-N e a GNR – Serviço Especial de Protecção da Natureza e do Ambiente (SEPNA), tem sempre um papel preponderante no cumprimento das obrigações legais nesta matéria, levando a que, num cenário óptimo, todas as instalações realizem o autocontrolo das emissões atmosféricas e, caso necessário, tomem medidas para o cumprimento dos VLE impostos.

Estas medidas são, conseqüentemente, complementares, visando a redução das emissões de um conjunto de fontes cuja contribuição para as emissões de NO_x na Região Norte é significativa.

A determinação das vantagens ambientais deste conjunto de medidas baseou-se nos dados de autocontrolo de emissões atmosféricas da CCDR-N, estimando-se

qual a percentagem de redução das emissões resultante do cumprimento dos novos VLE aplicáveis.

Assim, determinou-se uma redução de 5% nas emissões associadas às categorias SNAP 3, na Região Norte.

A3. Introdução de veículos de baixa emissão nos transportes colectivos de passageiros e de mercadorias (M1, S1)

O cálculo da redução das emissões de NO_x decorrentes da aplicação desta medida foi feito tendo por base as medidas definidas no PERN para cada entidade e tendo em conta a informação fornecida por estas. Na ausência de informação mais precisa (quilometragem anual dos veículos, por exemplo) foram utilizados os pressupostos que se julgaram mais adequados a cada caso.

Dentro desta medida existem, principalmente, 3 medidas distintas: abate de veículos e substituição por novos, instalação de filtros de partículas e reconversão para biosiesel. No caso da instalação de filtros de partículas foi assumido um impacto desprezável ao nível das emissões de NO_x. No que respeita à reconversão para biodiesel, e tendo em conta Boulter *et al.*, 2009, foi assumido que a reconversão de veículos pesados a gasóleo para biodiesel provoca um aumento das emissões de NO_x de 20%.

Os factores de emissão utilizados derivam dos disponibilizados pelo Departamento de Transportes do Reino Unido (DfT), disponíveis para download em URL 2.

As tabelas seguintes apresentam as reduções das emissões de NO_x associadas à aplicação desta medida, para cada entidade.

TabelaA1. Redução das emissões de NO_x no município de Gondomar, decorrente da substituição de três veículos pesados de passageiros por novos.

km anuais	veículos antigos		veículos novos		Emissões evitadas (t/ano)
	FE (g/km)	Emissão (t/ano)	FE (g/km)	Emissão (t/ano)	
50000	18,047	0,902	4,097	0,205	0,697
50000	18,047	0,902	4,097	0,205	0,697
50000	18,047	0,902	4,097	0,205	0,697
				total	2,09

Tabela A2 Redução das emissões de NO_x no município da Maia, decorrente da substituição de 26 veículos pesados por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 2	15000	7,745	0,116	2,208	0,033	0,083
euro 2	15000	7,745	0,116	2,208	0,033	0,083
euro 2	15000	7,745	0,116	2,208	0,033	0,083
euro 2	15000	7,745	0,116	2,208	0,033	0,083
					TOTAL	2,77

Tabela A3. Redução das emissões de NO_x no município de Paredes, decorrente da substituição de 2 veículos pesados de passageiros por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
euro 2	21200	12,390	0,263	4,097	0,087	0,176
euro 3	31900	11,343	0,362	4,097	0,131	0,231
					TOTAL	0,4072

Tabela A4. Redução das emissões de NO_x no município do Porto, decorrente da substituição de 3 veículos pesados de passageiros por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	2792	18,05	0,0014	4,43	0,0371	0,038751287
pré-euro	2792	13,34	0,0735	4,43	0,0371	
pré-euro	2792	13,34	0,0010	4,43	0,0371	

Tabela A5. Redução das emissões de NO_x no município da Feira, decorrente do abate de veículos mais antigos da frota.

Frota a abater				
Tipo veículo	Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
lig. pass. Petrol	pré-euro	30000	2,046	0,061
lig. pass. Petrol	pré-euro	30000	2,046	0,061
lig. pass. Petrol	pré-euro	30000	2,046	0,061
lig. pass. Petrol	pré-euro	30000	2,046	0,061
lig. pass. Petrol	pré-euro	30000	2,046	0,061
lig. merc. diesel	pré-euro	15000	2,671	0,040
Pick up diesel	pré-euro	30000	2,671	0,080
			TOTAL	0,427

Tabela A6. Aumento das emissões de NO_x no município da Feira, decorrente da aquisição de veículos novos.

Nova Frota				
Tipo veículo	Classe	kms percorridos	FE (g/km)	emissão (t/ano)
lig. pass. diesel	euro IV	30000	0,312	0,009
lig. pass. diesel	euro IV	30000	0,312	0,009
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
lig. merc. diesel	euro IV	30000	0,362	0,011
Pick up diesel	euro V	15000	0,362	0,005
Pick up diesel	euro V	15000	0,362	0,005
Pick up diesel	euro V	15000	0,362	0,005
pes. merc. diesel	euro V	15000	3,624	0,054
pes. merc. diesel	euro V	15000	3,624	0,054
pes. merc. diesel	euro V	15000	3,624	0,054
pes. merc. diesel	euro V	15000	3,624	0,054
			TOTAL	0,415

Tabela A7. Redução das emissões de NO_x no município de São João da Madeira, decorrente do abate de veículos mais antigos da frota.

Frota a abater				
Tipo veículo	Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
Pesado	pré-euro	15000	11,089	0,022
Ligeiro de Mercadorias	euro 1	30000	0,928	0,002
Ligeiro de Passageiros	pré-euro	30000	1,092	0,002
Ligeiro de Passageiros	pré-euro	30000	2,400	0,005
Ligeiro de Passageiros	pré-euro	30000	2,400	0,005
Ligeiro de Mercadorias	pré-euro	30000	0,928	0,002
Motociclo	fase 1	1000	0,313	0,001
Motociclo	fase 1	1000	0,313	0,001
Ligeiro de Passageiros	pré-euro	30000	2,400	0,005
Tractor Agrícola	pré-euro	2000	11,089	0,022
Ligeiro de Mercadorias	euro 1	30000	0,928	0,002
Dumper	pré-euro	2000	11,089	0,022
			TOTAL	0,089

Tabela A8. Aumento das emissões de NO_x no município de São João da Madeira, decorrente da aquisição de veículos novos.

Nova Frota				
Tipo veículo	Classe	kms percorridos	FE (g/km)	emissão (t/ano)
Ligeiro Mercadorias	euro IV	30000	0,408	0,012
Ligeiro Mercadorias	euro IV	30000	0,408	0,012
Ligeiro Passageiros	euro IV	30000	0,350	0,011
			TOTAL	0,035

Relativamente ao município da Trofa, em virtude deste ter definido, no âmbito desta medida, aplicar a reconversão de veículos a gasóleo para biodiesel, estimou-se, com base em Boulter *et al.*, 2009, um aumento das emissões de NO_x nos veículos pesados de cerca de 20%, o que corresponde a um aumento das emissões anuais deste poluente em 0,14 toneladas, com base nas nas emissões antes da reconversão (tabela A9).

Tabela A9. Emissões de NO_x associadas a veículos da frota automóvel do município da Trofa, antes da reconversão dos veículos para biodiesel.

emissões antes da reconversão				
Tipo veículo	Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
pesado passageiros	euro 1	1997	8,491	0,017
pesados mercadorias	euro 2	10144	7,745	0,079
ligeiros passageiros	euro 2	37163	0,189	0,007
ligeiros passageiros	euro 3	7901	0,092	0,001

emissões antes da reconversão				
Tipo veículo	Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
ligeiros passageiros	euro 4	33574	0,060	0,002
ligeiros mercadorias	euro 2	27461	1,051	0,029
pesados passageiros	euro 2	31947	8,875	0,284
pesados passageiros	euro 3	9707	7,333	0,071
pesados passageiros	euro 4	23086	4,432	0,102
pesados passageiros	euro 5	44862	2,679	0,120
ligeiros mistos	euro 2	7437	1,051	0,008
ligeiros mistos	euro 3	2858	0,724	0,002
ligeiro passageiros	euro 3	30000	0,408	0,012
ligeiro mercadorias	euro 3	15259	0,724	0,011
ligeiros mercadorias	euro 3	27389	0,724	0,020
ligeiros mercadorias	euro 4	19403	0,408	0,008
ligeiro passageiros	euro 3	14418	0,724	0,010
ligeiros mercadorias	euro 3	13784	0,724	0,010
ligeiros mercadorias	euro 4	13985	0,408	0,006
ligeiro mercadorias	euro 3	7324	0,724	0,005
pesado mercadorias	euro 4	29840	0,724	0,022
ligeiros passageiros	euro 4	3000	0,350	0,001
ligeiros passageiros	euro 5	4551	0,236	0,001
ligeiros passageiros	euro 6	1784	0,105	0,000
ligeiro passageiros	euro 5	3750	0,236	0,001
varredora	euro 4	2385	3,756	0,009

Tabela A10. Redução das emissões de NO_x no município de Vila Nova de Famalicão, decorrente do abate de veículos mais antigos da frota.

Frota a abater				
Tipo veículo	Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
pesado mercadorias	euro 2	16479	7,745	0,128
pesado mercadorias	euro 1	18789	7,465	0,140
			TOTAL	0,268

Tabela A11. Aumento das emissões de NO_x associadas a veículos da frota automóvel do município de Vila Nova de Famalicão, decorrente da reconversão de veículos para biodiesel.

Frota a reverter					
Tipo veículo	Classe	km anuais	FE (g/km)	aumento emissões (%)	emissão (t/ano)
pesado passageiros	euro 2	35795	8,875	20%	0,381
pesado passageiros	euro 2	44803	8,875	20%	0,477
pesado passageiros	euro 2	44973	8,875	20%	0,479
pesado passageiros	euro 3	39158	7,333	20%	0,345
				TOTAL	0,280

Tabela 12. Redução das emissões de NO_x na frota da STCP, decorrente da substituição de 100 veículos pesados de passageiros por novos.

veículos antigos				veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
euro 1	32665	11,72	19,15	4,10	6,69	12,46
euro 1	32665	11,72	19,15	4,10	6,69	12,46
					Total	24,9

A4. Renovação da frota de recolha de resíduos sólidos urbanos (M4)

O cálculo da redução das emissões de NO_x decorrentes da aplicação desta medida foi feito tendo por base as medidas definidas no PERN para cada entidade e tendo em conta a informação fornecida por estas. Na ausência de informação mais precisa (quilometragem anual dos veículos, por exemplo) foram utilizados os pressupostos que se julgaram mais adequados a cada caso.

Dentro desta medida existem, principalmente, 3 medidas distintas: abate de veículos e substituição por novos, instalação de filtros de partículas e reconversão para biodiesel. No caso da instalação de filtros de partículas foi assumido um impacto desprezável ao nível das emissões de NO_x. No que respeita à reconversão para biodiesel, e tendo em conta Boulter et al., 2009, foi assumido que a reconversão de veículos pesados a gasóleo para biodiesel provoca um aumento das emissões de NO_x de 20%.

Os factores de emissão utilizados derivam dos disponibilizados pelo Departamento de Transportes do Reino Unido (DfT), disponíveis para download em URL 2.

As tabelas seguintes apresentam as reduções das emissões de NO_x associadas à aplicação das medidas, para cada entidade.

Tabela 13. Redução das emissões de NO_x no município Espinho, decorrente do abate de veículos de recolha de RSU mais antigos da frota.

Frota a abater			
Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
EURO 2	37845	7,745	0,293
EURO 1	9050	7,465	0,068
		Total	0,361

Tabela 14. Aumento das emissões de NO_x no município Espinho, decorrente da aquisição de veículos novos de recolha de RSU.

Nova Frota			
Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
Euro IV	40000	3,756	0,150
Euro IV	40000	3,756	0,150
Euro IV	40000	3,756	0,150
Euro IV	40000	3,756	0,150
		Total	0,601

Tabela 15. Redução das emissões de NO_x no município de Vila do Conde, decorrente da substituição de 12 veículos de recolha de RSU por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	3316	11,09	0,037	2,208	0,007	0,029
euro 1	2425	7,46	0,018	2,208	0,005	0,013
euro 1	10872	7,46	0,081	2,208	0,024	0,057
euro 1	5000	7,46	0,037	2,208	0,011	0,026
euro 1	15241	7,46	0,114	2,208	0,034	0,080
euro 2	25732	7,75	0,199	2,208	0,057	0,142
euro 2	26339	7,75	0,204	2,208	0,058	0,146
euro 2	13974	7,75	0,108	2,208	0,031	0,077
euro 2	13791	7,75	0,107	2,208	0,030	0,076
euro 2	29706	7,75	0,230	2,208	0,066	0,164
euro 2	32313	7,75	0,250	2,208	0,071	0,179
euro 2	644	7,75	0,005	2,208	0,001	0,004
					total	0,995

Tabela 16. Aumento das emissões de NO_x associadas a veículos de recolha de RSU no município de Felgueiras, decorrente da reconversão de veículos para biodiesel.

emissões antes da reconversão				após reconversão
Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)	emissão (t/ano)
euro 2	16500	7,75	0,128	0,153
euro 2	100000	7,75	0,775	0,929
euro 3	100000	7,75	0,775	0,929
euro 4	100000	7,75	0,775	0,929
euro 5	25000	7,75	0,194	0,232
euro 6	18000	7,75	0,139	0,167
euro 7	5500	7,75	0,043	0,051
euro 8	13500	7,75	0,105	0,125
euro 9	4000	7,75	0,031	0,037
euro 3	17000	6,06	0,103	0,124
			Aumento emissões	0,613

Tabela 17. Redução das emissões de NO_x no município Gondomar, decorrente da substituição de 2 veículos de recolha de RSU antigos por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	43000	11,09	0,477	2,21	0,095	0,382
pré-euro	23000	11,09	0,255	2,21	0,051	0,204
					total	0,586

Tabela 18. Redução das emissões de NO_x no município do Porto, decorrente do abate de veículos de recolha de RSU mais antigos da frota.

Frota a abater			
Classe	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)
euro 1	13726	7,46	0,102
euro 1	17297	7,46	0,129
euro 1	3715	7,46	0,028
		total	0,259

Tabela 19. Redução das emissões de NO_x no município de Vila Nova de Famalicão, decorrente da substituição de 7 veículos de recolha de RSU antigos por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	5330	11,09	0,059	2,21	0,012	0,047
pré-euro	26162	11,09	0,290	2,21	0,058	0,232
pré-euro	24876	11,09	0,276	2,21	0,055	0,221
euro 1	38386	7,46	0,287	2,21	0,085	0,202
euro 1	17743	7,46	0,132	2,21	0,039	0,093
euro 2	43943	7,75	0,340	2,21	0,097	0,243
euro 2	42945	7,75	0,333	2,21	0,095	0,238
					total	1,277

Tabela 20. Aumento das emissões de NO_x associadas a veículos de recolha de RSU no município de Vila Nova de Famalicão, decorrente da reconversão de veículos para biodiesel.

Classe	emissões antes da reconversão			após reconversão
	km anuais	FE (g/km)	emissão (t/ano)	emissão (t/ano)
euro 3	40012	6,06	0,2425	0,291
euro 3	28670	6,06	0,1738	0,209
euro 3	44263	6,06	0,2683	0,322
euro 3	39783	6,06	0,2411	0,289
euro 4	40000	3,76	0,150253584	0,180
euro 4	40000	3,76	0,150253584	0,180
euro 3	40000	6,06	0,242426948	0,291
euro 3	40000	6,06	0,242426948	0,291
			total	0,342

Tabela 21. Redução das emissões de NO_x no município da Maia, decorrente da substituição de 4 veículos de recolha de RSU antigos por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	15000	11,089	0,166	2,208	0,033	0,133
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
euro 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
					total	0,37

Tabela 22. Redução das emissões de NO_x no município de Póvoa do Lanhoso, decorrente da substituição de 1 veículo de recolha de RSU antigo por novo.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
EURO 1	15000	7,465	0,112	2,208	0,033	0,079
					total	0,079

Tabela 23. Redução das emissões de NO_x no município da Póvoa de Varzim, decorrente da substituição de 4 veículos de recolha de RSU antigos por novos.

Classe	km anuais	veículos antigos		veículos novos		emissões evitadas (t/ano)
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	FE (g/km)	emissão (t/ano)	
pré-euro	25000	11,089	0,277	-	-	-0,277
pré-euro	46000	11,089	0,510	2,208	1,016	-0,506
pré-euro	25000	11,089	0,277	2,208	0,552	-0,275
pré-euro	25000	11,089	0,277	2,208	0,552	-0,275
					total	-1,332

Tabela 24. Aumento das emissões de NO_x associadas a veículos de recolha de RSU no município de Póvoa de Varzim, decorrente da reconversão de veículos para biodiesel.

Classe	km anuais	emissões antes da reconversão		após reconversão
		FE (g/km)	emissão (t/ano)	emissão (t/ano)
euro 3	24000	6,061	0,145	0,175
euro 3	26000	6,061	0,158	0,189
			total	0,061

Referências:

Borrego, C., Miranda, A.I., Ferreira, J., Tchepel, O., Monteiro, A., Dias, D., Ribeiro, I., Tavares, R., Barbedo, P. (2009): *Melhoria do Actual Inventário de Poluentes Atmosféricos da Região Norte – relatório final*, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, AMB-QA-09/2009, Portugal.

Boulter, P.G., Barlow, T. J., Latham, S., MacCrae, I. S. (2009): *Emissions factors 2009: report 1 – a review of methods for determining hot exhaust emissions factors for road vehicles*, TRL limited.

URL 1: Department of Environmental Quality, Oregon:

www.deq.state.or.us/aq/toxics/docs/pats/draftRWC.pdf

URL 2: UK Department of transport:

<http://www.dft.gov.uk/pgr/roads/environment/emissions/>

Anexo B - Impacto das medidas de mitigação direccionadas para o tráfego rodoviário nas emissões de NO_x

Tabela B1. Impacto das medidas de mitigação direccionadas para o tráfego rodoviário, ao nível das emissões de NO_x, para os diversos concelhos da Região Norte que se vincularam à sua implementação.

Concelho	Emissão (ton/ano)	M1		M2		M4		M5		S1		total	
		redução (t/ano)	% redução	redução (t/ano)	% redução	redução (t/ano)	% redução	redução (t/ano)	% redução	redução (t/ano)	% redução	redução (t/ano)	% redução
Espinho	207,615					0,24	0,12%	-26,0	-12,5%			-25,7	-12,4%
Felgueiras	422,049					0,61	0,14%	-52,8	-12,5%			-52,1	-12,4%
Gondomar	1094,622	-2,090	-0,19%	-21,89	-2%	-0,586	-0,05%			-3,74	-0,34%	-28,3	-2,6%
Guimarães	1180,744			-23,61	-2%							-23,6	-2,0%
Maia	1434,586	-2,770	-0,19%			-0,37	-0,03%			-3,74	-0,26%	-6,9	-0,5%
Matosinhos	2071,042			-41,42	-2%			-258,9	-12,5%	-3,74	-0,18%	-304,0	-14,7%
O. Azeméis	523,438			-10,47	-2%							-10,5	-2,0%
Paredes	888,428	-0,407	-0,05%	-17,77	-2%	-0,212	-0,02%					-18,4	-2,1%
Porto	2075,161	-0,039		-103,76	-5%	-0,259	-0,01%			-6,23	-0,30%	-110,3	-5,3%
Póvoa Lanhoso	191,126			-3,82	-2%	-0,08	-0,04%					-3,9	-2,0%
Póvoa Varzim	608,806					0,84	0,14%					0,8	0,1%
S. Tirso	582,536			-11,65	-2%			-72,8	-12,5%			-84,5	-14,5%
S.M. Feira	1258,517	0,012		-25,17	-2%							-25,2	-2,0%
Trofa	647,011	0,140	0,02%									0,1	0,0%
V. Conde	1344,815					-0,995	-0,07%					-1,0	-0,1%
V.N. Famalicão	1275,844	0,012		-25,52	-2%	-0,934	-0,07%	-159,5	-12,5%			-185,9	-14,6%
V.N. Gaia	2114,581							-264,3	-12,5%	-3,74	-0,18%	-268,1	-12,7%
Valongo	834,618			-16,69	-2%					-3,74	-0,45%	-20,4	-2,4%
