



EN  
AR

ESTRATÉGIA  
NACIONAL  
PARA O AR  
2020

Cenários e Projeções para 2020





<b>Título</b>	ESTRATÉGIA NACIONAL PARA O AR 2020 – Projeções para 2020
<b>Data</b>	maio 2015
<b>Equipa</b>	<p><b>Francisco Ferreira</b>, Doutor em Engenharia do Ambiente (Interlocutor científico e Coordenação FCT/UNL)</p> <p><b>Júlia Seixas</b>, Doutora em Engenharia do Ambiente – DCEA-FCT/UNL</p> <p><b>José Eduardo Barroso</b>, Mestre em Engenharia do Ambiente – Lasting Values – Consultoria em Gestão e Ambiente, Lda.</p> <p><b>Patrícia Fortes</b>, Doutora em Ambiente – DCEA-FCT/UNL</p> <p><b>Hugo Tente</b>, Mestre em Engenharia do Ambiente – DCEA-FCT/UNL</p> <p><b>Joana Monjardino</b>, Mestre em Engenharia do Ambiente – DCEA-FCT/UNL</p> <p><b>Luís Dias</b>, Mestre em Engenharia do Ambiente – DCEA-FCT/UNL</p> <p><b>Pedro Gomes</b>, Mestre em Engenharia do Ambiente – DCEA-FCT/UNL</p> <p><b>Ana Isabel Miranda</b> (Coordenação UA)</p> <p><b>Alexandra Monteiro</b>, Doutora em Ciências Aplicadas ao Ambiente – DAO-UA</p> <p><b>Joana Ferreira</b>, Doutora em Ciências do Ambiente – DAO-UA</p> <p><b>Helena Martins</b>, Doutora em Ciências do Ambiente – DAO-UA</p> <p><b>Isabel Ribeiro</b>, Mestre em Engenharia do Ambiente – DAO-UA</p> <p><b>Ana Patrícia Fernandes</b>, Mestre em Engenharia do Ambiente – DAO-UA</p> <p><b>Filomena Boavida e Dília Jardim</b> (Coordenação APA)</p> <p><b>Cláudia Martins</b> (Equipa técnica APA)</p> <p><b>Filipa Marques</b> (Equipa técnica APA)</p> <p><b>Teresa Anacleto</b> (Equipa técnica APA)</p>
<b>APA</b>	Agência Portuguesa do Ambiente
<b>FCT/UNL</b>	Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
<b>UA</b>	Universidade de Aveiro

## Índice

1	Objeto e Âmbito .....	10
2	Perspetivas futuras – Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos .....	12
2.1	Abordagem metodológica .....	14
2.2	Projeção de emissões para 2020 .....	18
2.2.1	Oferta de energia: Refinação, produção de eletricidade e cogeração .....	18
2.2.2	Indústria e Construção .....	21
2.2.3	Outras Atividades geradores de COVNM .....	25
2.2.4	Transportes .....	26
2.2.5	Terciário, Residencial e Agrícola .....	34
2.2.6	Agricultura .....	38
2.2.7	Resíduos .....	42
2.3	Análise do total das projeções de emissões para 2020 .....	46
2.4	Projeção de emissões para 2030 .....	54
3	Perspetivas futuras – Simulação da qualidade do ar ambiente em Portugal com recurso a modelação .....	56
3.1	Descrição do sistema de modelação e sua aplicação .....	56
3.2	Avaliação da qualidade do ar em Portugal continental para 2012 com recurso a Modelação .....	59
3.3	Avaliação da qualidade do ar para o horizonte 2020 com recurso a modelação .....	67
3.3.1	Preparação e estimativa dos dados de emissões .....	67
3.3.2	Avaliação da qualidade do ar para 2020 .....	73
4	Apreciação global .....	84
5	Referências bibliográficas .....	85
	Anexo .....	88
	Anexo I. Correspondência entre os códigos NFR e os setores de atividade SNAP .....	89

## Índice de Figuras

Figura 1: Eixos que sustentam a abordagem da ENAR 2020 .....	11
Figura 2: Evolução histórica das emissões de GEE e poluentes atmosféricas (Adaptado de IIR, 2014) .....	13
Figura 3: Esquema da metodologia utilizada .....	14
Figura 4: Evolução de indicadores macroeconómicos e demográficos subjacentes aos cenários do PNAC (2005=100) .....	16
Figura 5: Representação esquemática do modelo TIMES_PT .....	17
Figura 6: Procura de materiais e energia nos diferentes subsectores industriais .....	22
Figura 7. Atividade do transporte de passageiros nos modos rodoviário e ferroviário .....	29
Figura 8: Atividade do transporte de mercadorias nos modos rodoviário e ferroviário .....	30
Figura 9: Consumo de energia por modo de transporte.....	31
Figura 10: Evolução da procura de mobilidade e consumo de energia no setor dos transportes .....	31
Figura 11: Evolução de efetivos pecuários utilizados nas projeções (2011/2020) .....	40
Figura 12: Resíduos urbanos – Níveis de atividade (2010/20).....	43
Figura 13: Evolução da carga orgânica total considerada (2010/20).....	43
Figura 14: Águas residuais domésticas: níveis de atividade 2010/20.....	44
Figura 15. Comparação Estimativa de emissões dos poluentes incluídos no CLRTAP.....	47
Figura 16: Comparação das estimativas nacionais emissões de poluentes atmosféricos (inseridos no âmbito da diretiva tetos) com o cenário CLE .....	55
Figura 17: Esquema do sistema de modelos WRF-EURAD-IM .....	57
Figura 18. Domínios de simulação para avaliação da qualidade do ar em Portugal continental: domínio continental com 125×125km <sup>2</sup> de resolução horizontal (C125), Península Ibérica com 25×25 km <sup>2</sup> de resolução horizontal (PI025) e Portugal continental com 5×5km <sup>2</sup> de resolução horizontal (PT05).....	58

Figura 19: Campos de concentração de NO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> , referentes ao ano 2012: a) 19 <sup>a</sup> máxima média horária NO <sub>2</sub> ; b) média anual NO <sub>2</sub> e c) média anual NO <sub>x</sub> .....	61
Figura 20: Distribuição espacial do uso do solo, em Portugal Continental, proveniente da base de dados Corine Land Cover 2006 .....	61
Figura 21. Resultados da modelação para O <sub>3</sub> , relativos ao ano 2012: a) campos da 26 <sup>a</sup> concentração max-8h; b) número de dias com ultrapassagens ao OLP e c) número de ultrapassagens ao LI.....	62
Figura 22: Campos de concentração de PM <sub>10</sub> , referentes ao ano 2012: a) média anual; b) 36 <sup>a</sup> máxima da média diária.....	63
Figura 23: Campo de concentração referente à média anual de PM <sub>2,5</sub> para o ano 2012.....	64
Figura 24: Razão entre as concentrações médias anuais de PM <sub>2,5</sub> e PM <sub>10</sub> para o ano 2012 .....	64
Figura 25: Campos de concentração de SO <sub>2</sub> , referentes ao ano 2012: a) 25 <sup>a</sup> máxima da média diária; b) 4 <sup>a</sup> máxima da média diária e c) média de Inverno .....	65
Figura 26: Campo de concentração referente à concentração máxima diária da média octo-horária de CO para o ano 2012 .....	66
Figura 27: Campo de concentração referente à média anual de C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> para o ano 2012 .....	67
Figura 28: Emissões nacionais (em toneladas por ano) para 2012 e projeções para 2020 (a - totais e b - diferenças percentuais entre 2020 e 2012), por setor de atividade SNAP, e para os poluentes considerados .....	68
Figura 29: Distribuição espacial das emissões totais em área (ton,ano-1) de NO <sub>x</sub> , PM <sub>2,5</sub> e NH <sub>3</sub> dos SNAP 2 a 10 na grelha do domínio de simulação, para 2012 e 2020 .....	70
Figura 30: Emissões (ton,ano-1) associadas às fontes pontuais do SNAP 1 para os anos de 2012 e 2020 e para os poluentes NO <sub>x</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> e SO <sub>2</sub> .....	71
Figura 31: Distribuição espacial das emissões (em toneladas por ano) dos poluentes e setores para os quais se verificam as maiores diferenças entre 2012 e 2020 – NO <sub>x</sub> para os SNAP 2, 7 e 8 e NH <sub>3</sub> para o SNAP 3, na grelha do domínio de simulação .....	72
Figura 32: Campos de concentração de NO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> : a) 19 <sup>a</sup> máxima média horária referente a 2012; b) média anual NO <sub>2</sub> referente a 2012; c) média anual NO <sub>x</sub> referente a 2012; d) 19 <sup>a</sup> máxima média horária referente a 2020; e) média anual NO <sub>2</sub> referente a 2020; e f) média anual NO <sub>x</sub> referente a 2020 .....	74
Figura 33: Resultados da modelação para O <sub>3</sub> : a) 26 <sup>a</sup> concentração max-8h relativa a 2012; b) número de dias com ultrapassagens ao OLP relativas a 2012; c) número de ultrapassagens ao LI relativas a 2012; d) 26 <sup>a</sup> concentração max-8h relativa a 2020; e) número de dias com ultrapassagens ao VA relativas a 2020; e f) número de ultrapassagens ao LI relativas a 2020..	75
Figura 34: Campos de concentração de SO <sub>2</sub> : a) 25 <sup>a</sup> máxima média horária referente a 2012; b) 4 <sup>a</sup> máxima média diária referente a 2012; c) média de Inverno referente a 2012;d) 25 <sup>a</sup> máxima	

média horária referente a 2020; e) 4ª máxima média diária referente a 2020; e f) média de Inverno referente a 2020 .....	76
Figura 35: Campos de concentração de PM <sub>10</sub> : a) média anual relativa a 2012; b) 36ª máxima média diária relativa a 2012, c) média anual relativa a 2020 e d) 36ª máxima média diária relativa a 2020.....	77
Figura 36. Campos de concentração referentes à média anual de PM <sub>2,5</sub> : a) para 2012 e b) para 2020.....	78
Figura 37: Cumprimento dos valores limite de NO <sub>2</sub> e NO <sub>x</sub> : a) 19ª máxima média horária referente a 2012; b) média anual de NO <sub>2</sub> referente a 2012; c) média anual de NO <sub>x</sub> referentes a 2012; d) 19ª máxima média horária referente a 2020; e) média anual de NO <sub>2</sub> referente a 2020; e f) média anual de NO <sub>x</sub> referente a 2020 .....	80
Figura 38. Cumprimento do valor alvo de Ozono: a) para 2012 e b) para 2020.....	81
Figura 39. Cumprimento dos valores limite de PM <sub>10</sub> : a) média anual relativa a 2012; b) 36ª máxima média diária relativa a 2012, c) média anual relativa a 2020; d) 36ª máxima média diária relativa a 2020.....	82
Figura 40: Cumprimento dos valores limite de PM <sub>2,5</sub> : a) para 2012 e b) para 2020.....	82
Figura 41: Cumprimento dos valores limite de SO <sub>2</sub> : a) 25ª máxima média horária referente a 2012; b) 4ª máxima média diária referente a 2012; c) média de Inverno referente a 2012; d) 25ª máxima média horária referente a 2020; e) 4ª máxima média diária referente a 2020; e f) média de Inverno referente a 2020 .....	83

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Variação das emissões de poluentes atmosféricos em Portugal .....	12
Tabela 2: Tetos de emissão definidos para Portugal no Protocolo de Gotemburgo .....	13
Tabela 3: Consumo de energia no setor de oferta de energia (PJ) [código de NFR: 1A1a] .....	19
Tabela 4: Quantidade de crude processado (PJ) e produtos refinados consumidos no sector dos transportes (PJ) .....	19
Tabela 5: Emissões de NO <sub>x</sub> nos setores de oferta de energia (Gg).....	20
Tabela 6: Emissões de SO <sub>2</sub> nos setores de oferta de energia (Gg).....	20
Tabela 7: Emissões de COVNM nos setores de oferta de energia (Gg) .....	20
Tabela 8: Emissões de PM <sub>2,5</sub> nos setores de oferta de energia (Gg).....	21
Tabela 9: Emissões de PM <sub>10</sub> nos setores de oferta de energia (Gg) .....	21
Tabela 10: Consumo de energia final no setor da indústria e construção (PJ) – sem cogeração	22
Tabela 11: Emissões de NO <sub>x</sub> de combustão do setor da indústria e construção (Gg) .....	22
Tabela 12: Emissões de SO <sub>2</sub> de combustão do setor da indústria e construção (Gg).....	23
Tabela 13: Emissões de COVNM de combustão do setor da indústria e construção (Gg) .....	23
Tabela 14: Emissões de PM <sub>2,5</sub> de combustão do setor da indústria e construção (Gg).....	23
Tabela 15: Emissões de PM <sub>10</sub> de combustão do setor da indústria e construção (Gg).....	23
Tabela 16: Emissões de NO <sub>x</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg).....	24
Tabela 17: Emissões de SO <sub>2</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg) .....	24
Tabela 18: Emissões de COVNM de processo do setor da indústria e construção (Gg) .....	24
Tabela 19: Emissões de PM <sub>2,5</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg) .....	25
Tabela 20: Emissões de PM <sub>10</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg) .....	25
Tabela 21: Emissões de COVNM para outras indústrias geradoras de COVNM (Gg) .....	26
Tabela 22: Fatores de emissão implícitos (em Gg/PJ) para os poluentes em estudo.....	28

Tabela 23. Previsão do tráfego aéreo em 2020 .....	30
Tabela 24: Consumo de energia por tipo de combustível .....	31
Tabela 25: Emissões de NO <sub>x</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg) .....	32
Tabela 26: Emissões de COVNM associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg).....	32
Tabela 27: Emissões de SO <sub>2</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg)33	
Tabela 28: Emissões de NH <sub>3</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg) .....	33
Tabela 29: Emissões de PM <sub>2,5</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg) .....	33
Tabela 30: Emissões de PM <sub>10</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg) .....	34
Tabela 31: Consumo de energia final nos setores Terciário, Residencial e Agrícola .....	35
Tabela 32: Fatores de emissão e parâmetros utilizados para a estimativa das emissões associadas ao consumo de energia no setor Residencial .....	36
Tabela 33: Fatores de emissão e parâmetros utilizados para a estimativa das emissões associadas ao consumo de energia no setor Comercial .....	36
Tabela 34: Emissões de NO <sub>x</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg).....	37
Tabela 35: Emissões de COVNM associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg).....	37
Tabela 36: Emissões de SO <sub>2</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg).....	37
Tabela 37: Emissões de PM <sub>2,5</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg).....	38
Tabela 38: Emissões de PM <sub>10</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg).....	38
Tabela 39: Evolução das taxas de crescimento médio anual dos efetivos pecuários (2009/2020) .....	39
Tabela 40: Emissões de NO <sub>x</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg) .....	40
Tabela 41: Emissões de COVNM associadas ao setor da Agricultura (Gg).....	41
Tabela 42: Emissões de SO <sub>2</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg).....	41

Tabela 43: Emissões de NH <sub>3</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg) .....	41
Tabela 44: Emissões de PM <sub>2,5</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg) .....	41
Tabela 45: Emissões de PM <sub>10</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg).....	42
Tabela 46: Emissões de NO <sub>x</sub> associadas ao setor dos Resíduos (Gg) .....	44
Tabela 47: Emissões de COVNM associadas ao setor dos Resíduos (Gg) .....	45
Tabela 48: Emissões de SO <sub>2</sub> associadas ao setor dos Resíduos (Gg).....	45
Tabela 49: Emissões de NH <sub>3</sub> associadas ao setor dos Resíduos (Gg) .....	45
Tabela 50: Emissões de PM <sub>10</sub> associadas ao setor dos Resíduos (Gg) .....	45
Tabela 51: Emissões totais de gases acidificantes, e partículas.....	46
Tabela 52: Tabela de balanço emissões de COVNM .....	48
Tabela 53: Tabela de balanço emissões de SO <sub>2</sub> .....	49
Tabela 54: Tabela de balanço emissões de NO <sub>x</sub> .....	50
Tabela 55: Tabela de balanço emissões de NH <sub>3</sub> .....	51
Tabela 56: Tabela de balanço emissões de PM <sub>2,5</sub> .....	52
Tabela 57: Tabela de balanço emissões de PM <sub>10</sub> .....	53
Tabela 58: Projeções de emissões para 2030 – PT vs CLE.....	55
Tabela 59: Valores-limite (VL) para a proteção da saúde humana, limiares de alerta (LA) e de informação (LI) e níveis críticos (NC) para a proteção da vegetação, períodos de referência e número máximo de excedências por ano civil, estabelecidos na Diretiva 2008/50/CE, para os poluentes em análise .....	60

# 1



## Objeto e Âmbito

O presente documento consiste no relatório técnico de suporte à Estratégia Nacional para o Ar 2020 (ENAR) relativo aos cenários de procura energética, projeções de emissões de poluentes atmosféricos e simulações da qualidade do ar para 2020.

A ENAR tem como visão melhorar a qualidade do ar, com vista à proteção da saúde humana, da qualidade de vida dos cidadãos e à preservação dos ecossistemas, sendo três os eixos de ação que estruturam a sua abordagem: “Avaliar”, “Antecipar” e “Atuar”.

As projeções consubstanciadas neste relatório permitem perspetivar os cenários futuros de evolução das emissões atmosféricas e qualidade do ar ambiente. Esta componente da ENAR que se enquadra no eixo “Antecipar” possibilita, em conjunto com a fase de diagnóstico (eixo “Avaliar”), identificar os aspetos mais críticos e prioritários em termos de necessidade de intervenção, servindo de base de partida para delinear os vetores estratégicos de atuação (eixo “Atuar”), tal como representado na Figura 1

### Avaliar

- diagnóstico das emissões e qualidade do ar tendência evolutiva e situação

### Antecipar

- projeções das emissões atmosféricas e da qualidade do ar para 2020

### Atuar

- vetores estratégicos de atuação

**Figura 1: Eixos que sustentam a abordagem da ENAR 2020**

As projeções de emissões e simulação da qualidade do ar para 2020 foram efetuadas em duas fases:

- na primeira fase procedeu-se à estimativa de emissões de  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ , COVNM,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{PM}_{10}$ , em Portugal Continental, para os diferentes setores de atividade económica. A estimativa de emissões para o horizonte temporal em análise sustenta-se numa abordagem metodológica consistente com o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (INERPA) e por cenários de evolução da economia portuguesa, elaborados no âmbito do PNAC (Programa Nacional para as Alterações Climáticas).
- na segunda fase recorreu-se à modelação numérica para, a partir das projeções de emissões geradas na fase anterior, se efetuar a simulação e avaliação das concentrações de poluentes atmosféricos no ano horizonte de 2020. Para tal foram utilizadas técnicas de desagregação de emissões e de sistemas de modelos (químico e meteorológico) de forma a obter-se campos de concentrações para 2020.

# 2



## Perspetivas futuras – Estimativa das emissões de poluentes atmosféricos

As emissões dos poluentes atmosféricos têm vindo, desde 1990, a reduzir-se significativamente sendo que as melhorias mais acentuadas se registaram na última década (período 2005-2012) (

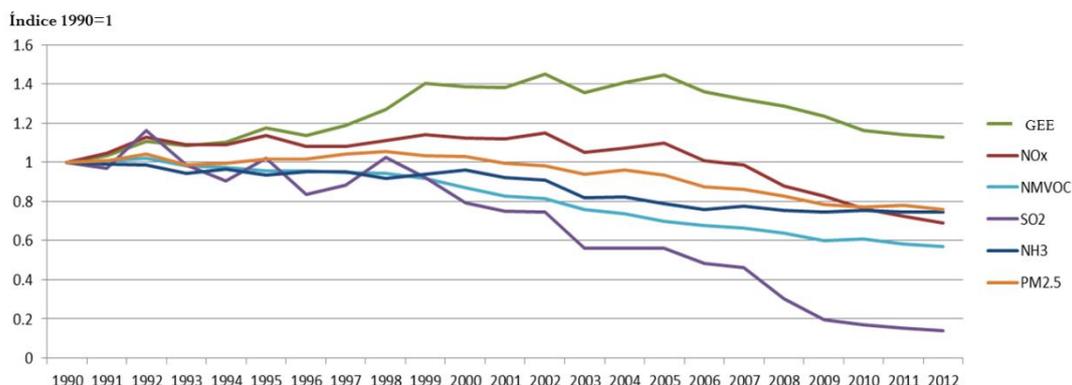
Tabela 1). Esta diminuição teve como principais fatores:

- Alteração nos tipos de combustíveis utilizados nos diversos setores, principalmente na indústria (ex.: alteração do consumo de gás no alto forno por eletricidade na Siderurgia, introdução de tecnologias de produção de eletricidade de fonte renovável);
- Redução da atividade industrial (ex.: cessação da produção de vidro plano desde 2009 (IIR, 2014));
- Introdução de tecnologias de controlo de emissão (ex.: introdução de sistemas de dessulfurização e desnitrificação em duas grandes instalações de combustão que neste período acentuaram o decréscimo das emissões de SO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>).
- Introdução de tecnologias mais eficientes, nas quais se enquadra a renovação do parque automóvel.

**Tabela 1: Variação das emissões de poluentes atmosféricos em Portugal**

Poluente	Δ1990-2012	Δ2005-2012
NO <sub>x</sub>	-31%	-37%
COVNM	-43%	-19%
SO <sub>2</sub>	-86%	-75%
NH <sub>3</sub>	-25%	-6%
PM <sub>2,5</sub>	-24%	-19%
PM <sub>10</sub>	-16%	-26%

Apesar da redução verificada (Figura 2), continuam a observar-se problemas de qualidade do ar, em diversos locais no território nacional.



**Figura 2: Evolução histórica das emissões de GEE e poluentes atmosféricas (Adaptado de IIR, 2014) Por forma a minimizar os efeitos adversos da poluição atmosférica nos ecossistemas e saúde humana, têm vindo a ser debatidos, a nível comunitário e internacional, objetivos mais ambiciosos, em termos de redução de poluentes atmosféricos.**

O Protocolo de Gotemburgo<sup>1</sup> da Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteiras a Longa Distância (CLRTAP<sup>2</sup>) e a Diretiva 2001/81/CE do Parlamento e do Conselho Europeu, de 23 de Outubro (Diretiva Tetos de Emissão Nacionais), estabelecem tetos de emissão para Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Óxidos de Azoto (NO<sub>x</sub>), Compostos Orgânicos Voláteis não Metânicos (COVNM) e amoníaco (NH<sub>3</sub>), adiante designados por gases acidificantes (GA), a serem atingidos em 2010 para Portugal Continental. O recente processo de revisão do Protocolo de Gotemburgo culminou em novos compromissos de redução para as emissões de GA, bem como no estabelecimento de metas para as emissões de PM<sub>2,5</sub>, para o ano 2020 e anos subsequentes que são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2: Tetos de emissão definidos para Portugal no Protocolo de Gotemburgo<sup>3</sup>**

Poluente	2005	%redução face a 2005	Objetivo em 2020 (Gg)
SO <sub>2</sub>	177	63%	65
NO <sub>x</sub>	256	36%	164
NH <sub>3</sub>	50	7%	47
COVNM	207	18%	170
PM <sub>2,5</sub>	65	15%	55

<sup>1</sup> Protocolo à Convenção de 1979 sobre a Poluição Atmosférica Transfronteiriça a Longa Distância, relativo à Redução da Acidificação, da Eutrofização e do Ozono Troposférico foi assinado em Gotemburgo em 1999, é também designado por Protocolo de Gotemburgo.

<sup>2</sup> *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.*

<sup>3</sup> *ANNEX Attachment to the Proposal for a COUNCIL DECISION for the acceptance of the Amendment to the 1999 Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone.*

Atendendo a que no âmbito do processo de revisão da Diretiva Tetos de Emissões Nacionais, em curso, são propostos objetivos nacionais de redução de emissões para 2020 e 2030 face a 2005, foram efetuadas estimativas de emissões até ao horizonte 2030. Os novos objetivos de redução incluem, para além dos poluentes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> e COVNM), o poluente PM<sub>2,5</sub> (em linha com o Protocolo de Gotemburgo) e o metano (CH<sub>4</sub>)

## 2.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A estimativa de emissões para o horizonte temporal em análise sustentou-se numa abordagem metodológica consistente com a do IIR (*Informative Inventory Report*) relatório que suporta o Inventário Nacional de Emissões de Poluentes Atmosféricos e por cenários de evolução da economia Portuguesa até 2030, considerados no âmbito do Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC). A Figura 3 sintetiza a metodologia adotada.

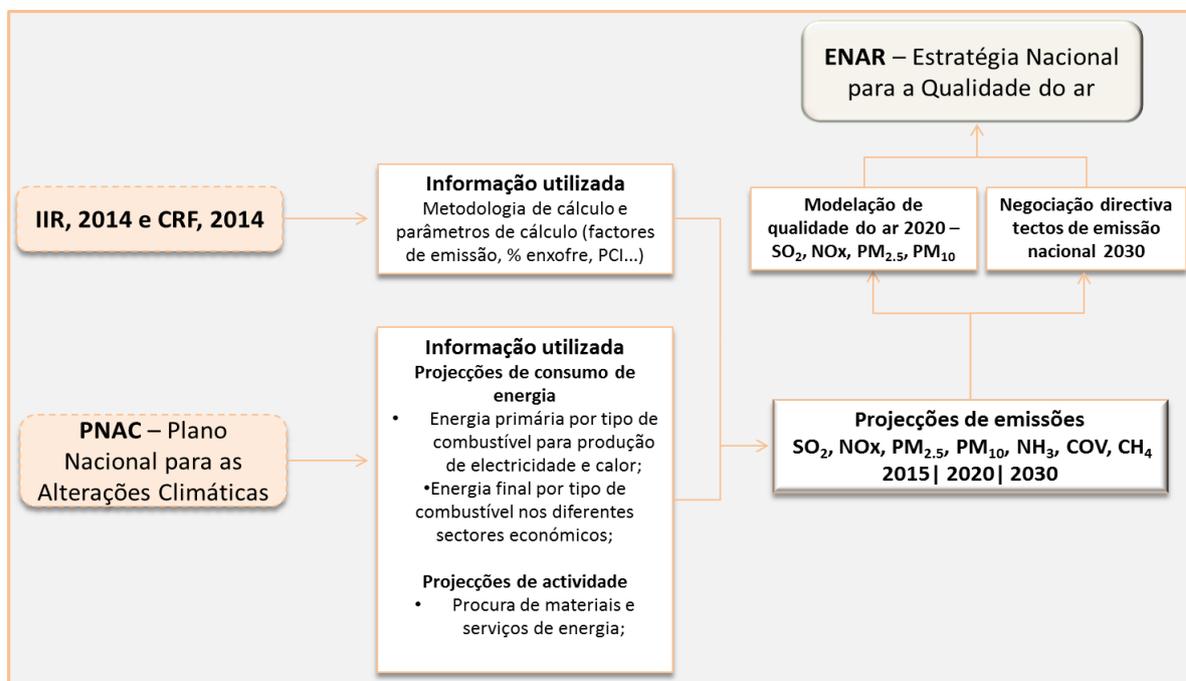


Figura 3: Esquema da metodologia utilizada

Para cada um dos sectores de atividade projetados foi adotada uma metodologia específica de projeção das respetivas variáveis de atividade, que decorrem de cenários de procura de serviços de energia nos vários sectores (serviços, doméstico, indústria e transportes) e de materiais (em algumas indústrias), suportando-se contudo no mesmo quadro de referência socioeconómico, para garantir a coerência das projeções obtidas.

Como atrás referido, para as projeções efetuadas foi adotado o quadro de cenarização subjacente ao PNAC, projeto a decorrer em simultâneo ao presente. A título informativo, e como nota de enquadramento, salienta-se que o PNAC assenta no conjunto de políticas e medidas (i) já em curso, decorrentes do quadro de política climática definido pelo Protocolo de Quioto até 2013, e (ii) planeadas, decorrentes de objetivos de política setorial mas com impacto direto na geração e/ou mitigação de emissões de GEE, e está enquadrado pelo Roteiro Nacional de Baixo Carbono (APA, 2012) que define expectativas de trajetórias de baixo

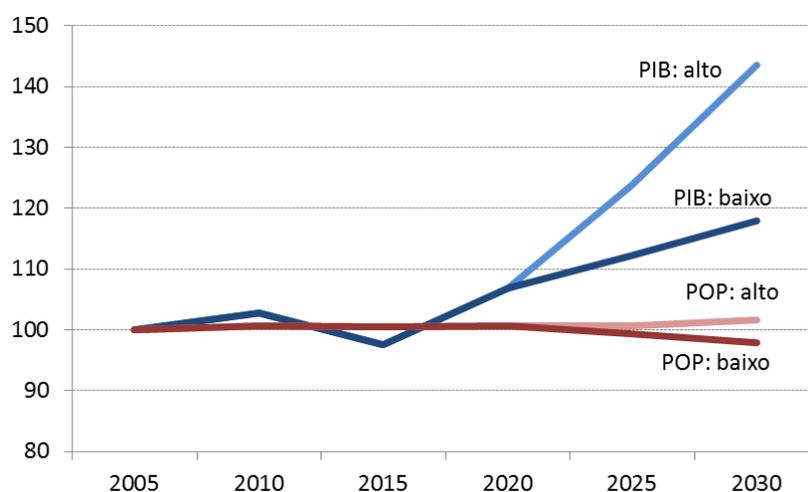
carbono até 2050. Muitas destas medidas terão impacto nas atividades económicas e consequentemente na geração de emissões de poluentes atmosféricos.

A estimativa de emissões de GA, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> foi efetuada com base

- i. Cenário socioeconómico alto com crescimento do PIB a uma taxa de 3%/ano conjugado com o cenário de aumento da população (Figura 4) e no cenário de políticas correspondente ao *REFaj* do PNAC. O cenário *REFaj* pressupõe as políticas em vigor e em implementação, como por exemplo PNAER (Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis) e PNAEE (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética) (RCM n.º 20/2013) até ao ano 2020. Ainda e para a cenarização 2030 assumiu-se algum conservadorismo em relação aos setores electroprodutor e transportes após o ano 2020, nomeadamente: o descomissionamento das centrais termoelétricas a carvão de Sines e do Pego até 2021 e 2026, respetivamente; não foi considerada a implementação das duas novas centrais termoelétricas de ciclo combinado a Gás natural de Sines e Lavos; um máximo 8.8 GW de energia hídrica em 2030. No setor dos transportes a introdução de veículos elétricos para mobilidade rodoviária de passageiros foi condicionada a um mínimo de 2110 veículos em 2020;
- ii. Cenários de procura de serviços de energia, materiais, e outras atividades: foram adotadas as projeções de procura para a geração de emissões atmosféricas, que correspondem ao cenário macroeconómico Alto (*REFaj\_Alto*). As projeções de procura derivaram diretamente dos trabalhos do PNAC e para o caso de atividades específicas (p.ex. atividades geradoras de emissões de COVNM) foram apurados valores de projeção coerentes com o cenário Alto;
- iii. De acordo com a abrangência do Protocolo de Gotemburgo e da Diretiva Tetos Nacionais, foram consideradas apenas as emissões associadas a atividades localizadas em Portugal Continental, tendo sido excluídas as Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira;
- iv. As projeções das atividades económicas, decorrentes do cenário Alto, foram apuradas da seguinte forma:
  - a. Setor da energia (oferta e procura) até 2030, concretizado na matriz de consumo de energia primária e de energia final, bem como no perfil tecnológico de produção e uso de energia. As atividades do sistema energético são modeladas com recurso ao modelo TIMES\_PT (ver caixa e Figura 5) - modelo de otimização de base tecnológica, suportado por uma base de dados de tecnologias de energia, caracterizada por parâmetros técnicos e de custo, e tendo como função-objetivo a minimização do custo do sistema energético. Esta componente de projeção das atividades energéticas, resultante da modelação com o TIMES\_PT, decorre diretamente dos resultados do PNAC;

- b. Setor da agricultura e pecuária até 2020, concretizado na evolução de indicadores específicos (e.g. áreas agrícolas e efetivos pecuários), tendo em consideração os dados apurados no RNBC (também usados no PNAC) acrescentando ainda os efetivos das aves;
- c. Resíduos e águas residuais até 2020, concretizado na evolução de capitações e da atividade industrial e decorreram diretamente das projeções efetuadas no âmbito do PNAC;
- d. Atividades geradoras de emissões de COVNM, estimadas com base na evolução de variáveis de projeção, em particular, na evolução das taxas de VAB dos setores económicos geradores de emissões de COVNM. A evolução desta variável económica decorreu diretamente do quadro de cenarização do PNAC.

Os cálculos das emissões foram suportados na metodologia do IIR<sup>4</sup> (APA, 2013 e 2014), nomeadamente no que se refere a fatores de emissão específicos por tipo combustível e fatores de emissão de processo. Os fatores de emissão para as projeções tiveram ainda, em consideração as alterações estruturais nos setores relativamente a tecnologias de controlo de emissões a implementar até 2020|2030, sempre que disponível.



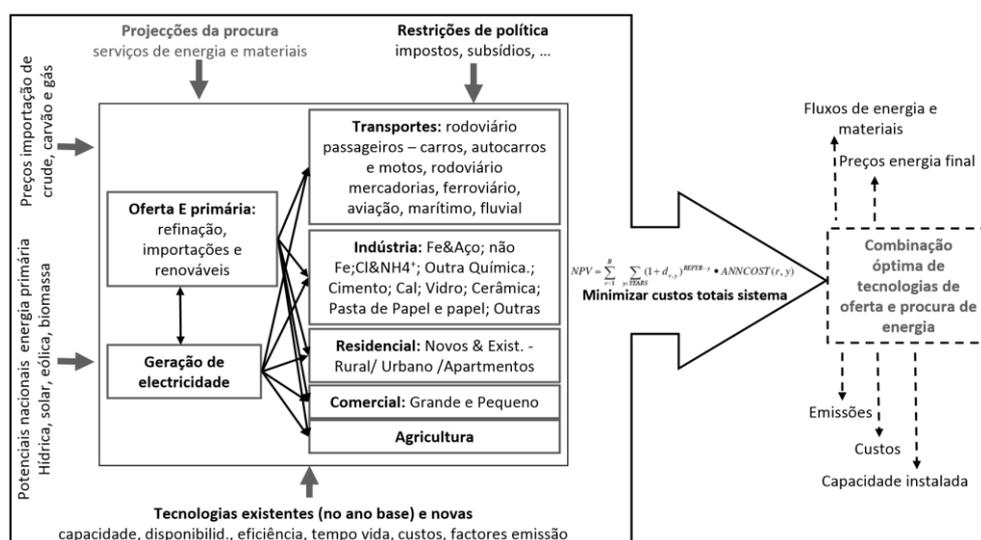
**Figura 4: Evolução de indicadores macroeconómicos e demográficos subjacentes aos cenários do PNAC (2005=100)**

<sup>4</sup> APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2013 e 2014), *Portuguese Informative Inventory Report 1990-2011 / 1990-2012, submitted under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, May, 15th 2014*. Amadora.

## Modelo TIMES\_PT

O TIMES\_PT é um modelo tecnológico de otimização linear que resulta da implementação para Portugal do gerador de modelos de otimização de economia - energia - ambiente de base tecnológica TIMES desenvolvido pelo ETSAP (*Energy Technology Systems Analysis Programme*) da Agência Internacional para a Energia. A estrutura genérica do TIMES pode ser adaptada por cada utilizador para simular um sistema energético específico, à escala local, nacional ou multi-regional. O TIMES\_PT foi inicialmente desenvolvido no âmbito do projeto europeu NEEDS, integrando um modelo TIMES paneuropeu utilizado para a estimativa dos custos totais europeus (incluindo externalidades) da produção e consumo de energia. O objetivo principal de um qualquer modelo TIMES é a satisfação da procura de serviços de energia ao menor custo possível. Para tal, são consideradas em simultâneas opções de investimento e operação de determinadas tecnologias, fontes de energia primária e importações e exportações de energia.

O modelo TIMES\_PT representa o sistema energético Português de 2000 a 2050, incluindo os seguintes sectores: oferta de energia primária (refinação e produção de combustíveis sintéticos, importação e recursos endógenos); geração de electricidade; indústria (cimento, vidro, cerâmica, aço, química, pasta de papel e papel, cal e outras industriais); residencial; terciário; agricultura, silvicultura e pescas (apenas a componente de consumo de energia) e transportes. Poderão ser obtidas mais informações sobre o desenvolvimento do TIMES e respetivas equações em Loulou, R., Remme, U., Kanudia, A., Lehtila, A., Goldstein, G., (2005). *Documentation for the TIMES model-PART II. Energy Technology Systems Analysis Programme*. Disponível em [www.etsap.org/tools.htm](http://www.etsap.org/tools.htm).



**Figura 5: Representação esquemática do modelo TIMES\_PT**

<sup>1</sup> TIMES é um acrónimo para *The Integrated Markal-EFOM System*. (Markal - MARKet Allocation e o EFOM - Energy Flow Optimisation)

## 2.2 PROJEÇÃO DE EMISSÕES PARA 2020

A estimativa de emissões de GA, PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> foi efetuada utilizando as variáveis de atividade, como consumos de energia e quantitativos produzidos, referentes ao cenário *REFaj\_Alto* do PNAC.

As projeções efetuadas incidiram sobre os setores da oferta de energia, indústria e construção, transportes, terciário e residencial, agricultura, resíduos e outras atividades geradores de COVNM.

Os valores apresentados nas tabelas de resultados de projeções de emissões foram arredondados a uma casa decimal, não obstante e para o cálculo da variação percentual em relação ao ano de referência, consideraram-se os valores totais sem arredondamentos por forma a manter o rigor dos números.

### 2.2.1 Oferta de energia: Refinação, produção de eletricidade e cogeração

#### 2.2.1.1 METODOLOGIA

A generalidade das estimativas de emissões de GA, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> e COVNM para 2015 e 2020 resultou da aplicação das metodologias descritas no *Informative Inventory Report (IIR)* (APA, 2014), elaborado pela APA

A projeção para os anos 2015 e 2020 das variáveis de atividade, como consumos de energia e quantitativos produzidos, basearam-se nas estimativas resultantes do cenário *REFaj* do PNAC sendo apresentadas no subcapítulo seguinte.

Para o setor da refinação, as estimativas de emissões de combustão (NFR code: 1.A.1.b) e de processo/fugitivas (NFR Code: 1.B.2.a) de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM<sub>2,5</sub> para 2015 e 2020 foram disponibilizadas diretamente pela GALP. As emissões fugitivas/processo de COVNM diretamente ou indiretamente associadas à refinação foram estimadas utilizando variáveis de atividade, como a quantidade de crude processado e consumo de produtos refinados nos setores de uso final.

#### 2.2.1.2 PROJEÇÃO DE VARIÁVEIS DE ATIVIDADE

O consumo de energia, em 2010 e a sua projeção para 2015 e 2020, para produção centralizada de eletricidade é apresentado na Tabela 3. De referir que, em 2020, o consumo de carvão apresentado considera que a central termoelétrica de Sines ainda se encontra em funcionamento, refletindo a extensão do seu tempo de vida.

De referir que não foi considerado o consumo de produtos petrolíferos para geração de energia elétrica em centrais dedicadas em Portugal continental no intervalo de tempo considerado, atendendo a que o mesmo apenas se verifica nas regiões autónomas dos Açores e da Madeira. Considerou-se também uma redução da utilização das centrais termoelétricas a carvão e de ciclo combinado a gás natural, por via do aumento da produção de eletricidade renovável.

Tabela 3: Consumo de energia no setor de oferta de energia (PJ) [código de NFR: 1A1a]

<b>Combustível</b>	<b>Projeção</b>		
	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>
Produtos petrolíferos	0	0	0
Gás	84	20	49
Carvão	64	138	72
Biomassa	7	11	12
Hídrica	68	40	43
Solar	1	2	5
Eólica	31	35	36
Geotérmica	0	1	1
Ondas	0	0	0
Resíduos	8	6	9
Biogás	1	2	3
<b>Total</b>	<b>263</b>	<b>255</b>	<b>230</b>

No setor da refinação, por forma a adequar a presente metodologia com a efetuada em anteriores estudos não foram utilizados dados de consumo de energia associados à atividade da refinação (fuel gás (RFG) e resíduo processual combustível (RPC) do TIMES\_PT), tendo a estimativa de emissões sido fornecida diretamente pela GALP.

Para a estimativa de emissões de COVNM resultantes da refinação, armazenagem e distribuição de produtos petrolíferos, foram utilizados os consumos de combustíveis refinados nos setores de uso final (maioritariamente transportes) e a quantidade de crude processado nas refinarias (Tabela 4).

Tabela 4: Quantidade de crude processado (PJ) e produtos refinados consumidos no setor dos transportes (PJ)

<b>PJ</b>	<b>Histórico</b>		<b>Projeções</b>		
	<b>2010</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>
<b>Crude</b>	535	559	503	503	503
<b>Prod. Refinados consumidos setor transportes</b>	257	224	224	192	197

### 2.2.1.3 EMISSÕES DE GASES ACIDIFICANTES, PM<sub>2,5</sub> E PM<sub>10</sub>

As tabelas seguintes sintetizam as emissões dos poluentes atmosféricos decorrentes das projeções efetuadas.

As emissões de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> e partículas do setor da oferta de energia, apresentadas na Tabela 5 e Tabela 6 mostram um acentuado decréscimo em 2020 face aos valores de 2005, devido à forte introdução de produção de eletricidade por fontes renováveis e pela redução na atividade das centrais termoelétricas a carvão e de ciclo combinado a gás natural. A introdução de tecnologias de controlo de emissões nas centrais termoelétricas e nas refinarias teve também

um contributo relevante para a redução significativa na emissão destes poluentes, nomeadamente entre 2005 e 2010.

**Tabela 5: Emissões de NO<sub>x</sub> nos setores de oferta de energia (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Geração de eletricidade</b>	<b>1A1a</b>	54,1	14,1	17,2	19,4	21,8	14,5
					$\Delta/2005$	-60%	-73%
<b>Refinação</b>	<b>1A1b / 1B2a</b>	6,7	5,2	5,2	5,2	2,7	3,0
					$\Delta/2005$	-60%	-56%

**Tabela 6: Emissões de SO<sub>2</sub> nos setores de oferta de energia (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Geração de eletricidade</b>	<b>1A1a</b>	102,4	2,1	1,8	2,3	2,2	1,7
					$\Delta/2005$	-98%	-98%
<b>Refinação</b>	<b>1A1b / 1B2a</b>	22,1	15,1	12,2	11,5	9,6	9,4
					$\Delta/2005$	-57%	-58%

As emissões de COVNM no sector de geração de eletricidade duplicam em 2020 face ao valor registado em 2005, devido ao consumo de biomassa em centrais centralizadas. A redução significativa nas emissões deste poluente no sector da refinação, onde para além das emissões de combustão se incluem as emissões de distribuição, armazenamento e manuseamento de produtos petrolíferos, deve-se não só à diminuição da atividade da refinação, mas principalmente, à incorporação de medidas de controlo das emissões de COVNM quer nos dispositivos de armazenamento de gasolinas e nos terminais de distribuição quer nos dispositivos de abastecimento das estações de serviço previstas pelas Diretiva 94/63/CE e Diretiva 2009/126/EC. A implementação destas diretivas prevê uma redução após 2015 em cerca de 90% das emissões de COVNM resultantes do armazenamento de gasolinas e da sua distribuição dos terminais para as estações de serviço.

**Tabela 7: Emissões de COVNM nos setores de oferta de energia (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Geração de eletricidade</b>	<b>1A1a</b>	0,9	1,5	1,6	1,3	2,0	2,2
					$\Delta/2005$	115%	142%
<b>Refinação</b>	<b>1A1b / 1B2a</b>	17,8	18,6	14,8	15,8	6,5	5,3
					$\Delta/2005$	-63%	-70%

No que respeita às partículas (PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>) verifica-se uma redução nas suas emissões em 2020 face a 2005, reflexo da implementação de tecnologias de controlo de emissões nas centrais a carvão.

Tabela 8: Emissões de PM<sub>2,5</sub> nos setores de oferta de energia (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Geração de eletricidade	1A1a	0,8	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5
					$\Delta/2005$	-35%	-44%
Refinação	1A1b / 1B2a	1,4	1,1	1,0	1,0	0,4	0,4
					$\Delta/2005$	-76%	-74%

Tabela 9: Emissões de PM<sub>10</sub> nos setores de oferta de energia (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Geração de eletricidade	1A1a	1,7	0,3	0,3	0,3	0,8	0,7
					$\Delta/2005$	-57%	-62%
Refinação	1A1b / 1B2a	1,8	1,3	1,1	1,1	0,5	0,5
					$\Delta/2005$	-71%	-69%

## 2.2.2 Indústria e Construção

### 2.2.2.1 METODOLOGIA

As emissões do setor da indústria e construção são resultantes da combustão e de processos industriais.

A estimativa de GA, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> para 2015 e 2020 teve por base as metodologias do *Informative Inventory Report* (IIR) utilizando, em função dos dados de origem, as seguintes abordagens:

- emissões de combustão estimadas no IIR através de *energy approach* - foram utilizados dados de consumo de combustíveis em cada setor como variáveis de atividade;
- emissões de combustão estimadas através no IIR de *production approach* - foram utilizados os quantitativos produzidos;
- as emissões de processo foram estimadas através dos quantitativos produzidos ou da procura em cada subsetor industrial.

As tecnologias de controlo de emissão consideradas para os diversos sectores industriais nas projeções efetuadas correspondem às tecnologias implementadas até 2012, ano a que se referem os dados da submissão do INERPA que esteve na base do presente exercício.

### 2.2.2.2 PROJEÇÃO DE VARIÁVEIS DE ATIVIDADE

As variáveis de atividade utilizadas estão apresentadas na Figura 6 e

Tabela 10. A evolução de procura de materiais é especialmente importante no que se refere às emissões baseadas na *production approach*, enquanto os consumos de energia final foram utilizados nas estimativas das emissões associadas a combustão.

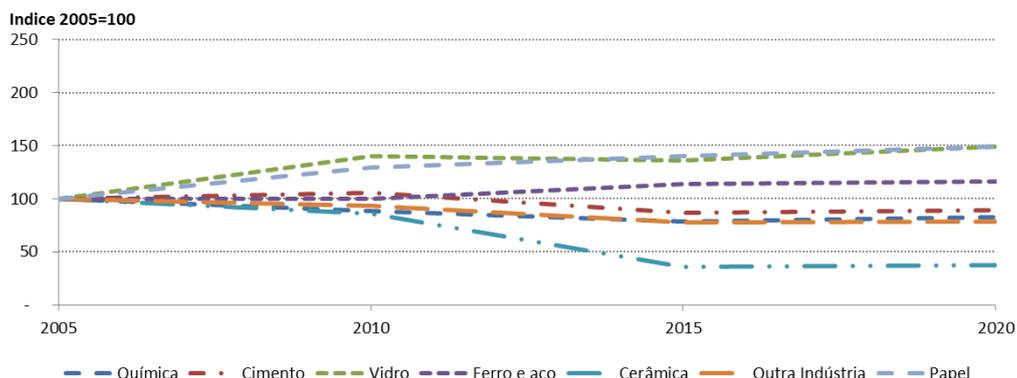


Figura 6: Procura de materiais e energia nos diferentes subsectores industriais

Tabela 10: Consumo de energia final no setor da indústria e construção (PJ) – sem cogeração

Combustível (PJ)	2010	2015	2020
Biomassa	24	1	1
Carvão	2	0	0
Eletricidade	60	53	50
Gás Natural	40	46	49
Prod. Petrolíferos	45	26	27
Resíduos	2	4	7
Solar	0	0	0
<b>Total</b>	<b>172</b>	<b>130</b>	<b>135</b>

### 2.2.2.3 EMISSÕES DE GASES ACIDIFICANTES, $PM_{2,5}$ E $PM_{10}$

#### COMBUSTÃO

Nas tabelas seguintes apresenta-se a evolução das emissões de gases acidificantes e de partículas, no período 2005-2020. Os valores dos anos 2005 a 2012 são os reportados no IIR 2014 (APA, 2014), e incluem a cogeração.

Tabela 11: Emissões de  $NO_x$  de combustão do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Siderurgia	1A2a	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Química	1A2c	3,6	2,6	2,1	1,5	2,1	1,6
Pasta e papel	1A2d	3,8	4,7	4,9	4,7	3,3	3,2
Outras indústrias	1A2f/1A2e	35,4	34,4	25,9	23,2	17,9	20,3
<b>Total</b>		<b>42,9</b>	<b>41,7</b>	<b>33,0</b>	<b>29,6</b>	<b>23,3</b>	<b>25,2</b>
					$\Delta/2005$	-46%	-41%

Tabela 12: Emissões de SO<sub>2</sub> de combustão do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Siderurgia	1A2a	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	
Química	1A2c	4,4	2,1	1,6	1,0	1,2	0,8	
Pasta e papel	1A2d	10,0	9,2	9,0	8,9	6,3	5,0	
Outras indústrias	1A2f/1A2e	17,9	13,8	13,2	10,1	11,0	11,4	
<b>Total</b>		<b>32,2</b>	<b>25,1</b>	<b>23,9</b>	<b>20,1</b>	<b>18,6</b>	<b>17,3</b>	
						Δ/2005	-42%	-46%

Tabela 13: Emissões de COVNM de combustão do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Siderurgia	1A2a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Química	1A2c	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	
Pasta e papel	1A2d	1,9	2,1	2,3	2,7	1,8	2,0	
Outras indústrias	1A2f/1A2e	5,4	5,0	4,0	3,8	4,1	3,4	
<b>Total</b>		<b>7,7</b>	<b>7,6</b>	<b>6,5</b>	<b>6,7</b>	<b>6,0</b>	<b>5,6</b>	
						Δ/2005	-22%	-27%

Tabela 14: Emissões de PM<sub>2,5</sub> de combustão do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Siderurgia	1A2a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Química	1A2c	0,5	0,3	0,1	0,1	0,6	0,3	
Pasta e papel	1A2d	0,9	0,7	0,8	0,9	0,7	0,9	
Outras indústrias	1A2f/1A2e	9,2	7,0	6,2	5,8	5,0	5,0	
<b>Total</b>		<b>10,5</b>	<b>8,1</b>	<b>7,1</b>	<b>6,8</b>	<b>6,3</b>	<b>6,2</b>	
						Δ/2005	-40%	-41%

Tabela 15. Emissões de PM<sub>10</sub> de combustão do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Siderurgia	1A2a	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Química	1A2c	0,6	0,4	0,2	0,1	0,7	0,4	
Pasta e papel	1A2d	1,5	1,2	1,2	1,4	1,1	1,3	
Outras indústrias	1A2f/1A2e	9,6	7,4	6,5	6,0	5,1	5,1	
<b>Total</b>		<b>11,7</b>	<b>9,0</b>	<b>7,8</b>	<b>7,5</b>	<b>7,0</b>	<b>6,9</b>	
						Δ/2005	-40%	-41%

A redução de emissões de gases acidificantes, e partículas na indústria deve-se em parte à diminuição do consumo de combustíveis fósseis, excetuando o de gás natural uma vez que o seu consumo aumenta na indústria química.

## PROCESSO

As tabelas seguintes apresentam a evolução das emissões de processo de GA e partículas, no período 2005 a 2020. Os valores dos anos 2005 a 2012 correspondem aos constantes no IIR 2014.

Tabela 16: Emissões de NO<sub>x</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Química	2B	0,8	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	
Siderurgia	2C1	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	
Pasta e papel	2D1	3,9	4,3	4,6	4,7	4,7	5,0	
<b>Total</b>		<b>5,1</b>	<b>5,2</b>	<b>5,4</b>	<b>5,5</b>	<b>5,5</b>	<b>5,9</b>	
						<i>Δ/2005</i>	<i>9%</i>	<i>16%</i>

Tabela 17: Emissões de SO<sub>2</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Química	2B	7,3	0,8	0,8	0,6	0,8	0,8	
Siderurgia	2C1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	
Pasta e papel	2D1	4,5	4,7	4,5	4,0	4,7	5,0	
<b>Total</b>		<b>12,0</b>	<b>5,8</b>	<b>5,6</b>	<b>4,9</b>	<b>5,7</b>	<b>6,1</b>	
						<i>Δ/2005</i>	<i>-52%</i>	<i>-49%</i>

Tabela 18: Emissões de COVNM de processo do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Pavimentação com asfalto	2A6	2,1	1,0	1,0	0,8	0,9	1,0	
Vidro	2A7	5,6	7,3	7,4	7,6	7,1	7,7	
Química	2B	12,3	11,1	11,5	11,1	10,3	10,9	
Siderurgia	2C1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	
Pasta e papel	2D1	5,9	6,3	6,7	7,0	6,7	7,1	
Alimentação e bebidas	2D2	10,8	11,5	10,7	10,7	10,6	10,7	
<b>Total</b>		<b>37,0</b>	<b>37,3</b>	<b>37,4</b>	<b>37,4</b>	<b>35,7</b>	<b>37,6</b>	
						<i>Δ/2005</i>	<i>-3%</i>	<i>2%</i>

Tabela 19: Emissões de PM<sub>2,5</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Pavimentação com asfalto	2A6	4,5	2,7	2,5	2,1	2,5	2,6
Vidro	2A7	1,2	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4
Química	2B	4,0	3,0	3,3	3,4	2,9	3,1
Siderurgia	2C1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Pasta e papel	2D1	5,1	5,6	6,0	6,1	6,2	6,6
Outras indústrias	2G	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
<b>Total</b>		<b>16,5</b>	<b>14,4</b>	<b>14,7</b>	<b>14,7</b>	<b>14,4</b>	<b>15,3</b>
					<i>Δ/2005</i>	<i>-13%</i>	<i>-8%</i>

Tabela 20: Emissões de PM<sub>10</sub> de processo do setor da indústria e construção (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Pavimentação com asfalto	2A6	28,4	16,9	15,7	13,5	15,4	16,1
Vidro	2A7	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4
Química	2B	4,0	3,0	3,3	3,4	2,9	3,1
Siderurgia	2C1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Pasta e papel	2D1	6,2	6,8	7,2	7,5	7,5	8,0
Outras indústrias	2G	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
<b>Total</b>		<b>41,6</b>	<b>29,9</b>	<b>29,3</b>	<b>27,5</b>	<b>28,7</b>	<b>30,3</b>
					<i>Δ/2005</i>	<i>-31%</i>	<i>-27%</i>

### 2.2.3 Outras Atividades geradores de COVNM

No que se refere às emissões associadas a outras atividades, a quantificação de emissões de COVNM foi efetuada através da extrapolação das emissões verificadas em 2011 e 2012 (IIR 2014) tendo em conta os *drivers* de crescimento (VAB ou quantitativos de produção) de cada setor a que estão associadas cada tipo de emissão.

Deste modo, as emissões devido à utilização de solventes e outros produtos (principalmente tintas) estimadas para 2015 e 2020 têm em consideração as políticas e medidas em vigor em 2013 para limitação de emissões de COVNM, bem como as medidas de controlo existentes.

Tabela 21: Emissões de COVNM para outras indústrias geradoras de COVNM (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção		
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	
Utilização de tintas	Edifícios	3A1	13,8	8,5	8,0	7,2	7,1	7,2
	Indústria	3A2	7,7	8,9	7,7	6,9	6,8	6,9
Uso solvente para limpeza e desengorduramento		3B	2,4	2,5	2,3	2,3	2,1	2,1
Fabrico de produtos químicos		3C	20,1	19,3	19,2	19,1	17,2	18,2
Impressão		3D1	4,1	4,4	4,4	4,2	4,6	4,9
Uso doméstico		3D2	10,3	10,4	10,3	10,2	9,8	9,8
Outro uso de solventes		3D3	10,5	9,1	9,2	9,1	8,6	8,7
<b>Total</b>			<b>68,9</b>	<b>63,0</b>	<b>61,1</b>	<b>59,1</b>	<b>56,2</b>	<b>57,8</b>
						<i>Δ/2005</i>	<i>-18%</i>	<i>-16%</i>

## 2.2.4 Transportes

### 2.2.4.1 METODOLOGIA

O cálculo das emissões do transporte rodoviário foi feito recorrendo à determinação dos respetivos fatores de emissão implícitos (Gg de poluente/PJ), que variam consoante a tipologia dos veículos (ligeiros de passageiros, ligeiros de mercadorias, pesados e motociclos) e o combustível utilizado (gasolina, diesel, GPL ou gás natural). As emissões do modo rodoviário (e respetivos fatores de emissão implícitos) são calculadas com base no consumo de energia do Balanço Energético Nacional. Para 2020, a projeção de consumo de energia é obtida através da aplicação do modelo TIMES\_PT, que fornece resultados desagregados por tipo de veículo e de combustível, com base nas projeções de variáveis de atividade (pkm e tkm).

O cálculo das emissões do setor da aviação teve como variáveis de base os movimentos realizados (ciclo de descolagem e aterragem - LTO<sup>5</sup>) das aeronaves, civis e militares, cujos voos têm origem ou destino em aeroportos do território de Portugal continental. Excetua-se, assim, as emissões de movimentos com origem ou destino nos territórios das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, bem como os movimentos internacionais. Devido à

<sup>5</sup> Land and Take off

ausência de informação de referência que permita projetar fatores de emissão assumiu-se que o fator de emissão implícito da aviação se manteria constante até 2020.

No cálculo das emissões associadas ao modo ferroviário foi considerada a procura de energia do transporte realizado por composições a gasóleo e respetivos fatores de emissões implícitos. Excluiu-se o consumo de energia das locomotivas a tração elétrica, uma vez que é considerado no sector da oferta de energia (produção de eletricidade).

Uma descrição detalhada da metodologia de cálculo de emissões e dos fatores de emissão aplicados pode ser encontrada na última submissão do INERPA à CLRTAP (APA, 2014).

Por fim, o cálculo das emissões do setor da navegação foi também efetuado com base nos fatores de emissão implícitos. Face à ausência de informação sobre a evolução futura dos dados de atividade e dos movimentos portuários nacionais até 2020, optou-se pela informação de base utilizada aquando das negociações do Protocolo de Gotemburgo (2012) e atualizada para os anos mais recentes, sendo a sua evolução estimada em função das novas projeções de crescimento da economia nacional (evolução do PIB).

Tabela 22: Fatores de emissão implícitos (em Gg/PJ) para os poluentes em estudo

Fatores de emissão implícitos	2005	2010	2015	2020
<b>FE NOx (Gg/PJ)</b>				
Aviação	0,509	0,510	0,520	0,520
Ligeiros de passageiros	0,252	0,215	0,193	0,195
Ligeiros de mercadorias	0,364	0,322	0,307	0,307
Pesados de passageiros	0,847	0,738	0,664	0,664
Pesados de mercadorias	0,131	0,157	0,145	0,145
Ferrovia	1,306	1,319	1,319	1,319
Navegação	0,559	0,644	0,563	0,563
<b>FE PM (Gg/PJ)</b>				
Aviação	0,174	0,176	0,178	0,178
Ligeiros de passageiros	0,014	0,014	0,012	0,012
Ligeiros de mercadorias	0,038	0,027	0,026	0,026
Pesados de passageiros	0,029	0,022	0,019	0,019
Pesados de mercadorias	0,066	0,039	0,021	0,021
Ferrovia	0,089	0,090	0,090	0,090
Navegação	0,045	0,052	0,046	0,046
<b>FE COV (Gg/PJ)</b>				
Aviação	0,084	0,067	0,060	0,060
Ligeiros de passageiros	0,155	0,065	0,065	0,064
Ligeiros de mercadorias	0,036	0,029	0,029	0,029
Pesados de passageiros	0,049	0,036	0,032	0,032
Pesados de mercadorias	3,236	1,628	1,450	1,450
Ferrovia	0,119	0,120	0,120	0,120
Navegação	0,019	0,021	0,019	0,019
<b>FE SO2 (Gg/PJ)</b>				
Aviação	0,014	0,015	0,015	0,015
Ligeiros de passageiros	0,002	0,000	0,000	0,000
Ligeiros de mercadorias	0,002	0,001	0,001	0,001
Pesados de passageiros	0,002	0,000	0,000	0,000
Pesados de mercadorias	0,002	0,000	0,000	0,000
Ferrovia	0,094	0,044	0,044	0,044
Navegação	0,305	0,352	0,298	0,298
<b>FE NH3 (Gg/ano)</b>				
Ligeiros de passageiros	0,012	0,008	0,009	0,009
Ligeiros de mercadorias	0,000	0,000	0,000	0,000
Pesados de passageiros	0,000	0,000	0,000	0,000
Pesados de mercadorias	0,001	0,001	0,001	0,001
Ferrovia	0,000	0,000	0,000	0,000

#### 2.2.4.2 PROJEÇÃO DE VARIÁVEIS DE ATIVIDADE

Apesar de continuar a ser um setor com relevância, os transportes têm vindo a reduzir significativamente as suas emissões ao longo dos últimos anos, quer devido a ganhos de eficiência dos novos veículos com consumos de energia muito mais reduzidos (incluindo os veículos híbridos), quer devido à adoção das chamadas normas EURO, que implicaram a introdução de tecnologias de fim de linha capazes de reduzir as emissões diretas dos escapes dos veículos (como por exemplo, filtros de partículas e sistemas EGR – recirculação de gases de escape).

Prevê-se que até 2020 o setor dos transportes, seja sujeito a um aumento de procura embora não muito significativo. Entre 2010 e 2015 constata-se uma quebra da procura refletindo o impacto da crise económica em Portugal que se começou a sentir em 2011 (Figura 7 e Figura 8). Para 2020, perspetiva-se que grande parte do transporte de passageiros continue a ser por via do automóvel, e o transporte de mercadorias preferencialmente através de veículos rodoviários pesados.

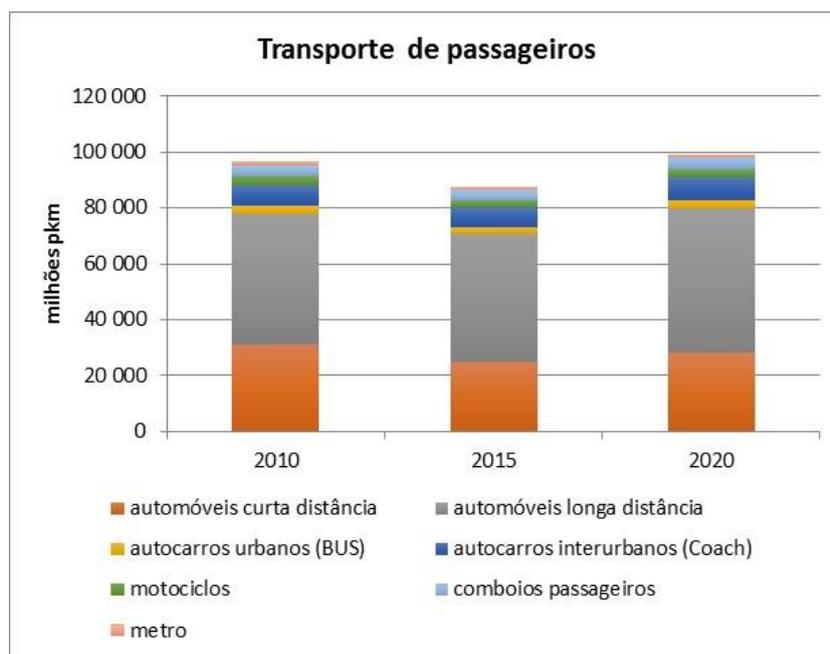
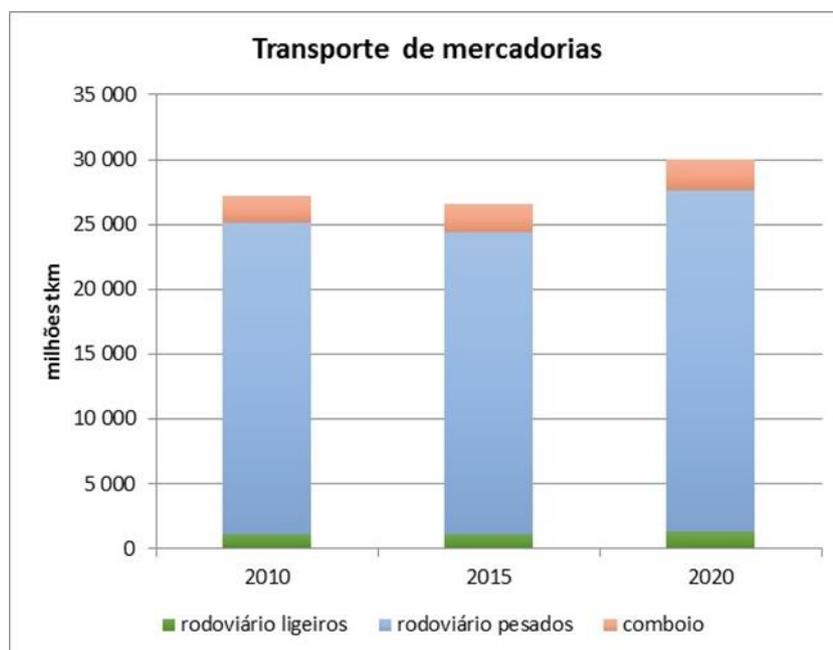


Figura 7: Atividade do transporte de passageiros nos modos rodoviário e ferroviário



**Figura 8: Atividade do transporte de mercadorias nos modos rodoviário e ferroviário**

Relativamente ao transporte aéreo, a projeção do número de movimentos LTO da aviação civil foi feita com recurso às taxas de crescimento constantes das previsões do estudo “*Challenges of Growth 2013 - Task 4: European Air Traffic in 2035*” (EUROCONTROL, 2013). Os valores estimados apresentam-se na Tabela 23.

**Tabela 23. Previsão do tráfego aéreo em 2020**

Atividade	2010	2015	2020
LTO (movimentos)	124 279	146 893	173 621

No que diz respeito à navegação, devido à falta de informação relativa a projeções futuras de atividade, considerou-se que esta se manteria praticamente constante até 2020.

Apesar do aumento de procura de mobilidade prevista em 2020 face a 2010 (mais 3% de passageiros.km e 10% de toneladas.km) o consumo de energia final no setor diminuiu em 20%, com o consumo maioritário a ter origem no setor do transporte rodoviário (Figura 9). O consumo de gásóleo continuará a ser predominante, o que reflete a tendência de dieselização da frota em que o peso do consumo de gásóleo passa de 72% em 2010 para 75% em 2020 (Tabela 24).

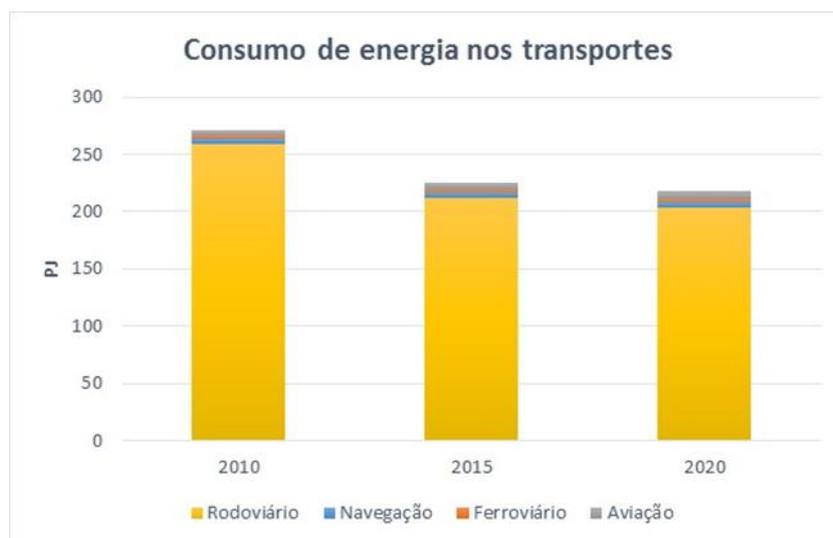


Figura 9: Consumo de energia por modo de transporte

Tabela 24: Consumo de energia por tipo de combustível

Consumo energia (PJ)	2010	2015	2020
Gasóleo	194,6	167,3	163,7
Gasolina	65,7	45,6	40,3
Outros (gás, GPL, fuel, eletricidade...)	11,4	11,8	13,9
<b>TOTAL</b>	<b>271,7</b>	<b>224,7</b>	<b>217,9</b>

A inversa proporcionalidade entre consumo de energia e procura de mobilidade deve-se essencialmente à melhoria da eficiência dos veículos, assim como à introdução de tecnologias com uso mais eficiente da energia, como por exemplo veículos híbridos a gasóleo ou a gasolina (Figura 10).

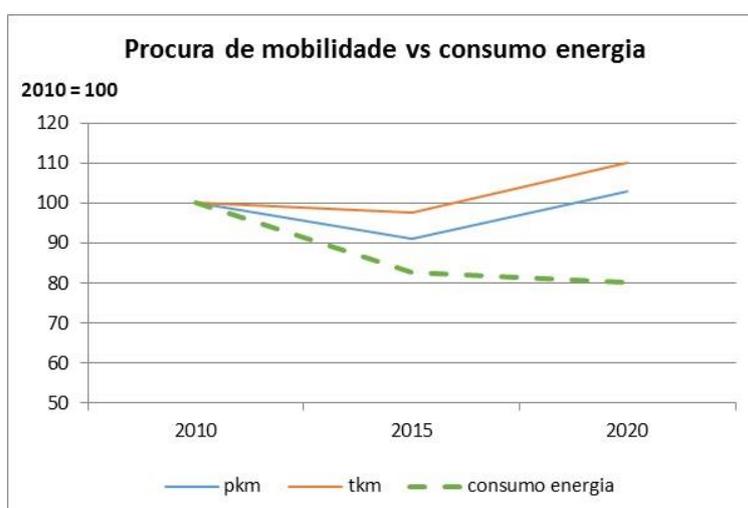


Figura 10: Evolução da procura de mobilidade e consumo de energia no setor dos transportes

### 2.2.4.3 EMISSÕES DE GASES ACIDIFICANTES, PM<sub>2,5</sub> E PM<sub>10</sub>

Para 2020 é esperada uma diminuição das emissões de GA e PM associadas ao setor dos transportes, face a 2005. Esta redução terá como força motriz a previsível evolução tecnológica do parque de veículos rodoviários. Prevê-se um ligeiro aumento da atividade de transporte até 2020, contudo tal não se refletirá no consumo de energia associado.

O setor dos transportes é dos mais relevantes nas emissões de NO<sub>x</sub> a nível nacional. Contudo, o peso deste setor tem vindo a diminuir, perspetivando-se que a tendência de diminuição das emissões se mantenha até 2020. O transporte rodoviário reduzirá as emissões em 45%, face à introdução de normas de emissões cada vez mais restritivas no setor automóvel. Apenas no setor da aviação se prevê um aumento das emissões, decorrente da evolução crescente da atividade deste setor e conseqüente aumento do consumo de energia.

**Tabela 25: Emissões de NO<sub>x</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Transporte Aéreo</b>	<b>1A3a</b>	2,7	3,0	2,9	3,2	3,1	3,7
						<i>Δ/2005</i>	17% 38%
<b>Transporte Rodoviário</b>	<b>1A3b</b>	96,1	79,5	73,9	67,5	53,9	52,7
						<i>Δ/2005</i>	-44% -45%
<b>Transporte Ferroviário</b>	<b>1A3c</b>	1,4	0,9	0,8	0,6	0,7	0,7
						<i>Δ/2005</i>	-54% -50%
<b>Transporte Marítimo</b>	<b>1A3d</b>	2,9	3,4	2,9	3,2	2,6	2,7
						<i>Δ/2005</i>	-12% -10%

No que diz respeito aos COVNM, a redução das emissões associadas ao transporte rodoviário em 2020 será ainda mais significativa do que para o NO<sub>x</sub>. Esta redução dever-se-á também à introdução de normas EURO de emissões cada vez mais restritivas, através da definição de limites às emissões de COVNM por parte dos veículos a gasolina (EURO 5 e EURO 6).

**Tabela 26: Emissões de COVNM associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Transporte Aéreo</b>	<b>1A3a</b>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
						<i>Δ/2005</i>	-12% 4%
<b>Transporte Rodoviário</b>	<b>1A3b</b>	41,7	21,5	17,9	15,3	14,0	13,7
						<i>Δ/2005</i>	-66% -67%
<b>Transporte Ferroviário</b>	<b>1A3c</b>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
						<i>Δ/2005</i>	-52% -50%
<b>Transporte Marítimo</b>	<b>1A3d</b>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
						<i>Δ/2005</i>	-12% -10%

As emissões de SO<sub>2</sub> do setor dos transportes são pouco relevantes face ao cada vez mais reduzido teor de enxofre dos combustíveis, e manterão a sua tendência de diminuição até 2020. O mesmo será válido para as emissões de NH<sub>3</sub>.

**Tabela 27: Emissões de SO<sub>2</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Transporte Aéreo</b>	<b>1A3a</b>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
					<i>Δ/2005</i>	20%	41%
<b>Transporte Rodoviário</b>	<b>1A3b</b>	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05
					<i>Δ/2005</i>	-91%	-91%
<b>Transporte Ferroviário</b>	<b>1A3c</b>	0,1	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
					<i>Δ/2005</i>	-78%	-77%
<b>Transporte Marítimo</b>	<b>1A3d</b>	1,6	1,9	1,6	1,7	1,4	1,4
					<i>Δ/2005</i>	-14%	-13%

**Tabela 28: Emissões de NH<sub>3</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Transporte Rodoviário</b>	<b>1A3b</b>	1,8	1,3	1,2	1,0	1,0	0,8
					<i>Δ/2005</i>	-47%	-54%
<b>Transporte Ferroviário</b>	<b>1A3c</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
					<i>Δ/2005</i>	-52%	-50%

Por fim, as emissões de partículas PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub> emitidas pelo transporte rodoviário também terão uma redução em 2020 (51% e 52%, face aos valores de 2005, respetivamente). Tal como para o NO<sub>x</sub> e os COVNM, a melhoria da eficiência energética dos veículos, assim como a redução das emissões decorrente da entrada em vigor da norma EURO 6 conduzirá a uma redução acentuada das emissões deste setor, que será tanto mais significativa quanto maior for a taxa de renovação do parque automóvel nacional.

**Tabela 29: Emissões de PM<sub>2,5</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Transporte Aéreo</b>	<b>1A3a</b>	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,3
					<i>Δ/2005</i>	17%	38%
<b>Transporte Rodoviário</b>	<b>1A3b</b>	5,5	4,4	3,9	3,7	2,8	2,6
					<i>Δ/2005</i>	-50%	-52%
<b>Transporte Ferroviário</b>	<b>1A3c</b>	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
					<i>Δ/2005</i>	-54%	-50%
<b>Transporte Marítimo</b>	<b>1A3d</b>	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
					<i>Δ/2005</i>	-12%	-10%

Tabela 30: Emissões de PM<sub>10</sub> associadas ao consumo de energia no setor dos Transportes (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Transporte Aéreo	1A3a	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,3
					$\Delta/2005$	17%	38%
Transporte Rodoviário	1A3b	6,3	5,3	4,7	4,4	3,3	3,1
					$\Delta/2005$	-48%	-51%
Transporte Ferroviário	1A3c	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
					$\Delta/2005$	-54%	-50%
Transporte Marítimo	1A3d	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2
					$\Delta/2005$	-12%	-10%

## 2.2.5 Terciário, Residencial e Agrícola

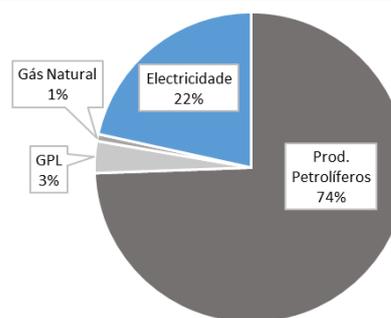
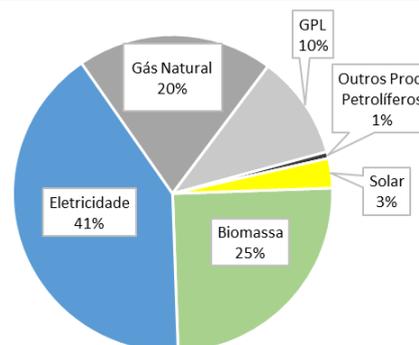
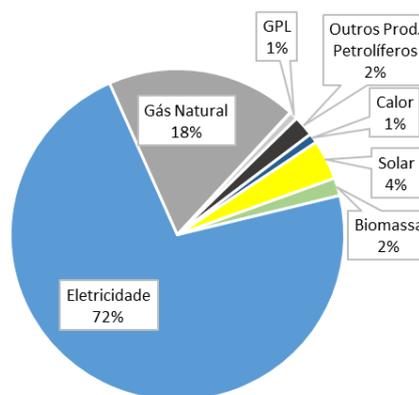
### 2.2.5.1 NOTAS METODOLÓGICAS

A estimativa das emissões de fontes estacionárias de combustão associadas aos sectores terciário, residencial e agricultura baseou-se na metodologia e fontes de informação dos diversos parâmetros (i.e. fatores de emissão) constantes no IIR. De referir que nesta secção foram incluídas as emissões de combustão dos diversos poluentes do setor da agricultura, de forma a manter uma similaridade com a modelo de reporte do IIR.

O consumo de energia final considerado nestes setores é apresentado na Tabela 31, em que os valores de 2010 são referentes ao balanço energético nacional para esse ano. O perfil energético dos setores residencial, comercial em 2020 mantem-se similar face ao verificado em 2010. No setor residencial salienta-se a redução da biomassa e GPL, o aumento da contribuição de eletricidade, de gás natural e do calor proveniente de solar térmico. No caso do setor terciário, prevê-se uma diminuição dos produtos petrolíferos, mais precisamente o gasóleo para aquecimento de espaços, sendo substituído, em parte, por eletricidade e solar térmico.

**Tabela 31: Consumo de energia final nos setores Terciário, Residencial e Agrícola**

Setor/combustível (PJ)	2010	2015	2020
<b>Terciário</b> [NFR code: 1A4a]	<b>84</b>	<b>81</b>	<b>82</b>
Biomassa	0	1	1
Eletricidade	62	59	59
Gás Natural	8	12	15
Geotérmica	0	0	0
GPL	2	1	1
Outros Prod. Petrolíferos	9.2	4.4	1.6
Calor	0.9	0.7	0.8
Solar	1.2	2.3	3.2
<b>Residencial</b> [NFR code: 1A4b]			
	<b>129</b>	<b>110</b>	<b>113</b>
Biomassa	30	26	28
Eletricidade	52	46	46
Gás Natural	12	16	22
Geotérmica	0	0	0
GPL	29	17	12
Outros Prod. Petrolíferos	5.2	2.6	0.8
Calor	0.0	0.0	0
Solar	0.8	1.9	3
<b>Agricultura</b> [NFR code: 1A4c]			
	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>19</b>
Prod. Petrolíferos	15	14	14
GPL	0	1	1
Gás Natural	0	0	0
Eletricidade	4	4	4
Calor	0	0	0
Biogás	0	0	0



Os fatores de emissão e parâmetros utilizados (Tabela 32 e Tabela 33) para as estimativas das emissões são os constantes no IIR 2014 e tiveram em conta a fonte de informação mais atual - *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013*. De notar que os valores dos parâmetros utilizados para a categoria produtos petrolíferos para os diferentes poluentes correspondem ao combustível gasóleo, uma vez que é o combustível com maior representatividade nestes setores. Pressupõe-se a ausência de alterações estruturais relativamente à introdução de tecnologias de remoção de poluentes ou da sua escala de utilização nestes setores, até 2020.

**Tabela 32: Fatores de emissão e parâmetros utilizados para a estimativa das emissões associadas ao consumo de energia no setor Residencial**

Poluente	SOx	Sox - Ret Cinzas	NOx	COVNM	NH3	PST	PM2,5
Unidade	%	%	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	% PST
GPL	0,002	0	48	1,87	0	0,9	100
Gasolinas	0,015	0	51	0,69	0	1,9	100
Petróleos	0,150	0	51	0,69	0	1,9	100
Gasóleo	0,005	0	69	0,17	0	1,5	100
FOs	1,000	0	51	0,69	0	1,9	100
Antracite	1,000	0	150	200	0	1,166	10
Hulha	1,000	0	150	200	0	171	7
Lenhas	0,030	0	50	410	0	531,0	93
Gás de Cidade	0,000	0	48	1,87	0	0,9	100
Carvão Vegetal	0,000	0	50	410	0	531,0	93
GN	0,001	0	48	1,87	0	0,90	100
Biodiesel	0,000	0	69	0,17	0	1,500	100

**Tabela 33: Fatores de emissão e parâmetros utilizados para a estimativa das emissões associadas ao consumo de energia no setor Comercial**

Poluente	SOx	Sox - Ret Cinzas	NOx	COVNM	NH3	PST	PM2,5
Unidade	%	%	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	% PST
GPL	0,002	0	40	2	0	0	100
Gasolinas	0,015	0	513	25	0	20	100
Petróleos	0,150	0	513	25	0	20	100
JP	0,100	0	513	25	0	20	100
Gasóleo	0,053	0	513	25	0	20	100
FOs	1,000	0	513	25	0	20	100
Antracite	1,000	0	150	200	0	1,166	10
Hulha	1,000	0	150	200	0	171	7
Lenhas	0,030	0	91	156	0	93	93
Gás de Cidade	0,000	0	40	2	0	0	100
Biogás	0,000	0	40	2	0	0	100
GN	0,001	0	40	2	0	0	100
Biodiesel	0,000	0	513	25	0	20	100

### 2.2.5.2 EMISSÕES DE GASES ACIDIFICANTES, COVNM, PM<sub>2,5</sub> E PM<sub>10</sub>

As tabelas seguintes apresentam a evolução das emissões de gases acidificantes e partículas, no setor residencial, terciário e agricultura no período 2005 a 2020. Os valores dos anos 2005 a 2012 correspondem aos reportados no IIR 2014.

**Tabela 34: Emissões de NO<sub>x</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Terciário</b>	<b>1A4a</b>	16,8	3,7	3,1	2,8	1,9	1,2
					$\Delta/2005$	-89%	-93%
<b>Residencial</b>	<b>1A4b</b>	3,5	6,7	3,2	3,0	3,0	3,1
					$\Delta/2005$	-14%	-13%
<b>Agricultura</b>	<b>1A4c</b>	21,3	19,2	18,6	18,0	14,0	14,6
					$\Delta/2005$	-34%	-31%

**Tabela 35: Emissões de COVNM associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Terciário</b>	<b>1A4a</b>	0,8	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3
					$\Delta/2005$	-70%	-66%
<b>Residencial</b>	<b>1A4b</b>	21,0	11,7	18,3	17,6	10,7	11,0
					$\Delta/2005$	-49%	-48%
<b>Agricultura</b>	<b>1A4c</b>	2,8	2,4	2,3	2,2	0,6	0,6
					$\Delta/2005$	-78%	-77%

**Tabela 36: Emissões de SO<sub>2</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Terciário</b>	<b>1A4a</b>	2,9	1,4	0,9	0,6	0,5	0,3
					$\Delta/2005$	-81%	-89%
<b>Residencial</b>	<b>1A4b</b>	1,7	1,4	1,5	1,4	1,3	0,9
					$\Delta/2005$	-21%	-46%
<b>Agricultura</b>	<b>1A4c</b>	0,7	0,7	0,7	0,3	0,6	0,6
					$\Delta/2005$	-20%	-16%

**Tabela 37: Emissões de PM<sub>2,5</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Terciário</b>	<b>1A4a</b>	0,6	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1
					$\Delta/2005$	-78%	-77%
<b>Residencial</b>	<b>1A4b</b>	28,6	23,3	24,9	24,0	15,4	13,2
					$\Delta/2005$	-46%	-54%
<b>Agricultura</b>	<b>1A4c</b>	1,8	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5
					$\Delta/2005$	-23%	-19%

**Tabela 38: Emissões de PM<sub>10</sub> associadas ao consumo de energia nos setores Terciário, Residencial e Agrícola (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>Terciário</b>	<b>1A4a</b>	0.6	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2
					$\Delta/2005$	-77%	-77%
<b>Residencial</b>	<b>1A4b</b>	29.3	23.8	25.5	24.6	12.9	8.1
					$\Delta/2005$	-56%	-72%
<b>Agricultura</b>	<b>1A4c</b>	1.8	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5
					$\Delta/2005$	-23%	-19%

De um modo geral, observa-se uma redução das emissões em 2020 face ao valor de 2005, devido à diminuição do consumo de combustíveis fósseis, com a exceção do gás natural que demonstra um aumento tanto no setor doméstico como no terciário (Tabela 31). Acresce, ainda, o aumento da utilização de eletricidade e de renováveis, como por exemplo o solar térmico. Relativamente às partículas, a diminuição do consumo de biomassa no setor doméstico traduz-se num impacto positivo na redução de emissões deste poluente em 2020.

De referir, ainda, que o setor terciário apresenta a maior magnitude de redução de emissões em todos os poluentes no período de 2005 a 2020, com maior expressão entre 2005 e 2010, devido essencialmente à redução de 73% do consumo de produtos petrolíferos neste sector.

## 2.2.6 Agricultura

### 2.2.6.1 NOTAS METODOLÓGICAS

O quadro metodológico de estimativa de emissões de gases acidificantes e de partículas em suspensão das emissões do setor da agricultura, nomeadamente em matéria de fatores de emissão, adotou, de forma sistemática, os critérios do “IIR - Portuguese Informative Inventory Report 1990-2011”, publicado em 2013.

Neste sector, as opções de cenarização e a definição de dados de atividade basearam-se diretamente no trabalho realizado no Roteiro Nacional de Baixo Carbono - Opções de Transição para uma Economia de Baixo Carbono Competitiva em 2050 - RNBC, publicado em

2012, No RNBC, são estabelecidos um cenário baixo, um intermédio e um alto, sendo, de acordo com o Ministério da Agricultura no quadro dos trabalhos do Programa Nacional para as Alterações Climáticas 2020, o cenário alto aquele que melhor representa a atual situação de desenvolvimento rural em Portugal.

#### **2.2.6.2 PROJEÇÃO DE NÍVEIS DE ATIVIDADE**

A metodologia seguida para a projeção das emissões do sector da agricultura e pecuária foi a desenvolvida para o RNBC, assumindo-se que o cenário atualmente mais provável é o cenário alto então apresentado, em função da evolução dos fatores determinantes da viabilidade futura das explorações agrícolas portuguesas.

Entre estes fatores determinantes destacam-se os preços agrícolas mundiais, o desenrolar da Ronda de Doha da OMC, o desenvolvimento das políticas públicas a nível europeu e nacional, as alterações climáticas e o contexto específico de mudança tecnológica.

Nos pressupostos desta cenarização foram consideradas mudanças tecnológicas importantes com impacto nas emissões de GEE e assumiu-se uma evolução dos sistemas de gestão de estrumes caracterizada por uma redução no peso das lagoas de 50%, com o correspondente aumento de importância relativa dos outros sistemas de tratamento.

Neste contexto, as previsões mostram uma ligeira redução gradual das atuais superfícies das culturas temporárias e das culturas permanentes, no sector vegetal, e uma redução, embora ligeira, nas diferentes categorias de efetivos pecuários (

Tabela 39 e Figura 11), em termos de produção animal.

**Tabela 39: Evolução das taxas de crescimento médio anual dos efetivos pecuários (2009/2020)**

**(Dados APA (2013a) e RNBC)**

<b>Efetivos pecuários</b>	<b>Taxa de crescimento (%)</b>
Bovinos	-0,40%
Ovinos	-0,70%
Caprinos	-1,40%
Suínos	-0,90%
Aves	-0,35%

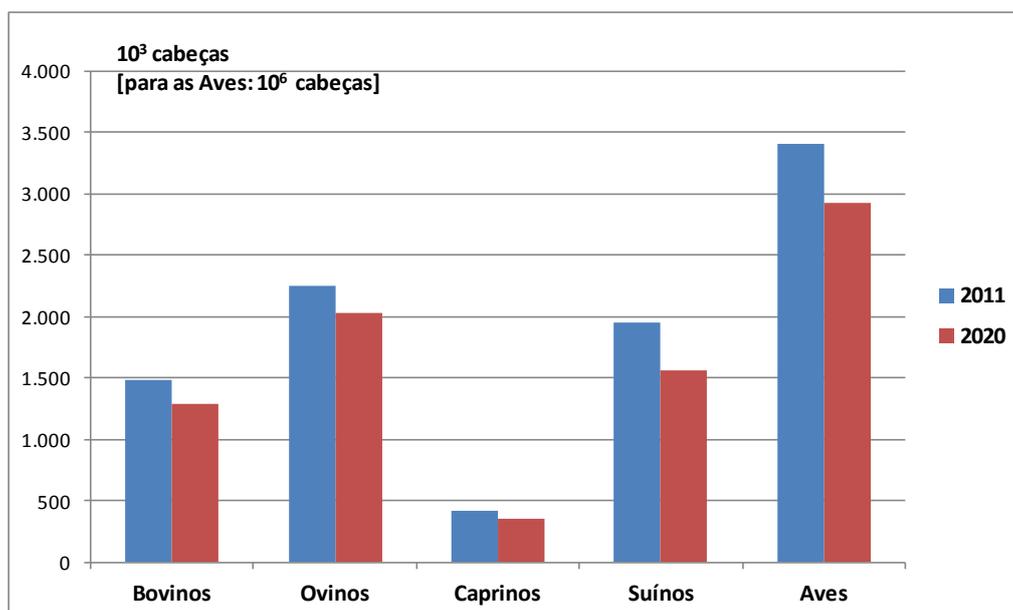


Figura 11: Evolução de efetivos pecuários utilizados nas projeções (2011/2020)

Os dados dos anos base utilizados no RNBC foram aferidos, sempre que possível e de forma crítica, com os dados de atividade mais recentes, entretanto disponibilizados nos inventários nacionais, e em particular para o caso das Aves, classe que não foi considerada no RNBC.

### 2.2.6.3 EMISSÕES DE GASES ACIDIFICANTES, PM<sub>2,5</sub> E PM<sub>10</sub>

Nas Tabelas seguintes apresentam-se as emissões de GA e PM associadas ao sector da Agricultura, subdivididas entre emissões relativas a gestão de estrumes, a utilização de fertilizantes sintéticos azotados e a queima de resíduos agrícolas de origem vegetal.

O NH<sub>3</sub> constitui o poluente acidificante de maior importância neste setor, em particular resultantes do setor da gestão de estrumes.

Tabela 40: Emissões de NO<sub>x</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Gestão de Estrumes	4B			NA			
Fertilizantes sintéticos azotados	4D			NA			
Queima de Resíduos Agrícolas	4F	1,8	1,8	2,0	2,1	2,0	1,9
				Δ/2005		9%	5%

**Tabela 41: Emissões de COVNM associadas ao setor da Agricultura (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Gestão de Estrumes	4B			NA			
Fertilizantes sintéticos azotados	4D			NA			
Queima de Resíduos Agrícolas	4F	1,9	2,0	2,5	2,5	2,4	2,3
					$\Delta/2005$	27%	21%

**Tabela 42: Emissões de SO<sub>2</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Gestão de Estrumes	4B			NA			
Fertilizantes sintéticos azotados	4D			NA			
Queima de Resíduos Agrícolas	4F	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
					$\Delta/2005$	27%	20%

**Tabela 43: Emissões de NH<sub>3</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Gestão de Estrumes	4B	23,0	22,4	22,3	22,4	21,6	20,0
					$\Delta/2005$	-6%	-13%
Fertilizantes sintéticos azotados	4D	19,6	18,7	18,7	18,8	18,3	17,9
					$\Delta/2005$	-7%	-9%
Queima de Resíduos Agrícolas	4F	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,7
					$\Delta/2005$	27%	21%

**Tabela 44: Emissões de PM<sub>2,5</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Gestão de Estrumes	4B			NA			
Fertilizantes sintéticos azotados	4D			NA			
Queima de Resíduos Agrícolas	4F	1,8	1,8	2,3	2,3	2,2	2,1
					$\Delta/2005$	25%	20%

Tabela 45: Emissões de PM<sub>10</sub> associadas ao setor da Agricultura (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Gestão de Estrumes	4B			NA			
Fertilizantes sintéticos azotados	4D			NAX\			
Queima de Resíduos Agrícolas	4F	1,8	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1
					Δ/2005	19%	14%

## 2.2.7 Resíduos

### 2.2.7.1 NOTAS METODOLÓGICAS

De uma forma geral, o quadro metodológico de avaliação das emissões do setor dos resíduos seguiu de forma sistemática, em termos de metodologia de estimativa de emissões de gases acidificantes e de partículas em suspensão, o definido no IIR - *Portuguese Informative Inventory Report 1990-2011*, publicado em 2013, em particular os respetivos parâmetros e fatores de emissão. No caso das emissões de gases acidificantes (COVNM e NH<sub>3</sub>) relativas à deposição de resíduos no solo, foi utilizada especificamente a metodologia clássica de simulação em *First Order Decay* – FOD, tendo em conta o fator de diferimento no tempo associado a esta atividade.

Nas situações em que a atividade de incineração de resíduos está associada à produção de energia, as respetivas emissões são incluídas nas Categorias associadas à Energia e à Indústria (se usado como combustível), não sendo referidas ou contabilizadas neste capítulo.

Os parâmetros fundamentais de projeção decorreram da análise dos principais documentos definidores da política nacional em matéria de resíduos urbanos e águas residuais domésticas, nomeadamente os que se referem aos trabalhos associados à elaboração do PERSU 2020 e do PENSAAR. Em matéria de resíduos e águas residuais industriais foram utilizadas metodologias de projeção baseadas em cenários económicos e demográficos de evolução da atividade a nível sectorial.

### 2.2.7.2 PROJEÇÃO DE NÍVEIS DE ATIVIDADE

No caso dos resíduos urbanos, foram adotados os objetivos específicos estabelecidos no Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos, 2007/2016 - PERSU II, entretanto recalendariados para 2020. A redução de deposição em aterro, objetivo final fundamental da política de resíduos, tem-se vindo a verificar desde antes de 2010, sendo previsto que até 2020 se reduza para um valor inferior a 1,000 kt de resíduos urbanos.

Desta forma, a redução em quantidade pode atingir os 70% entre 2010 e 2020, resultando numa importante redução de emissões de gases acidificantes.

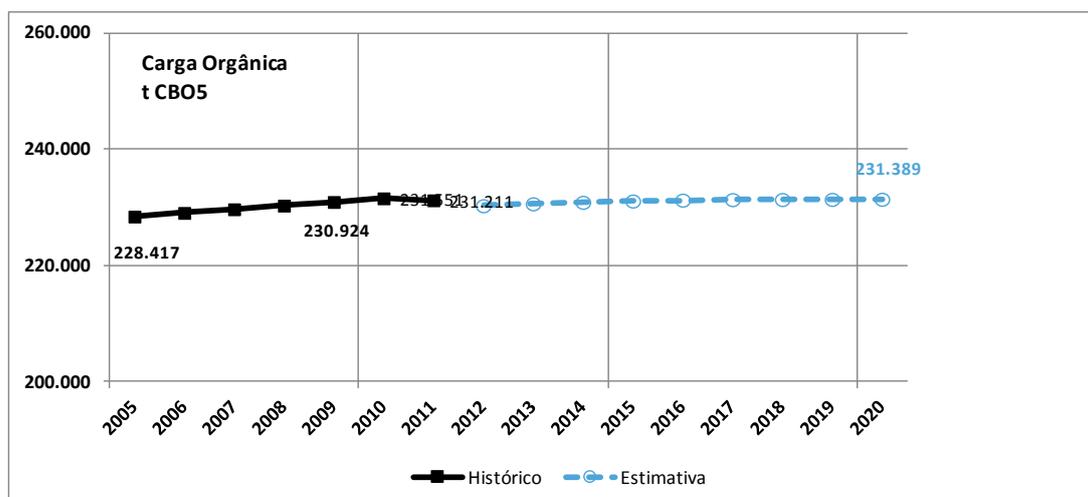
Na Figura 12, estão representados os níveis de atividade utilizados para o período 2010-2020, repartidos entre Produção total de RU, Deposição direta em aterro, Recolha seletiva, Tratamento mecânico-biológico e Valorização energética.



**Figura 12: Resíduos urbanos – Níveis de atividade (2010/20)**

No que diz respeito às emissões resultantes do tratamento de águas residuais domésticas, utilizaram-se para 2020 os dados expectáveis que decorrem da aplicação da estratégia definida no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais 2007-2013 – PEAASAR II. Neste quadro, foram admitidos valores para a percentagem da população servida por sistemas públicos de saneamento de águas residuais entre os 83 e os 85% e, simultaneamente, uma tendência gradual de cobertura com tratamento secundário de todos os sistemas públicos de saneamento de águas residuais, no horizonte até 2030.

Nas Figura 13 e Figura 14 apresenta-se a Carga Orgânica total considerada para o período em análise e os níveis de atividade considerados.



**Figura 13: Evolução da carga orgânica total considerada (2010/20)**

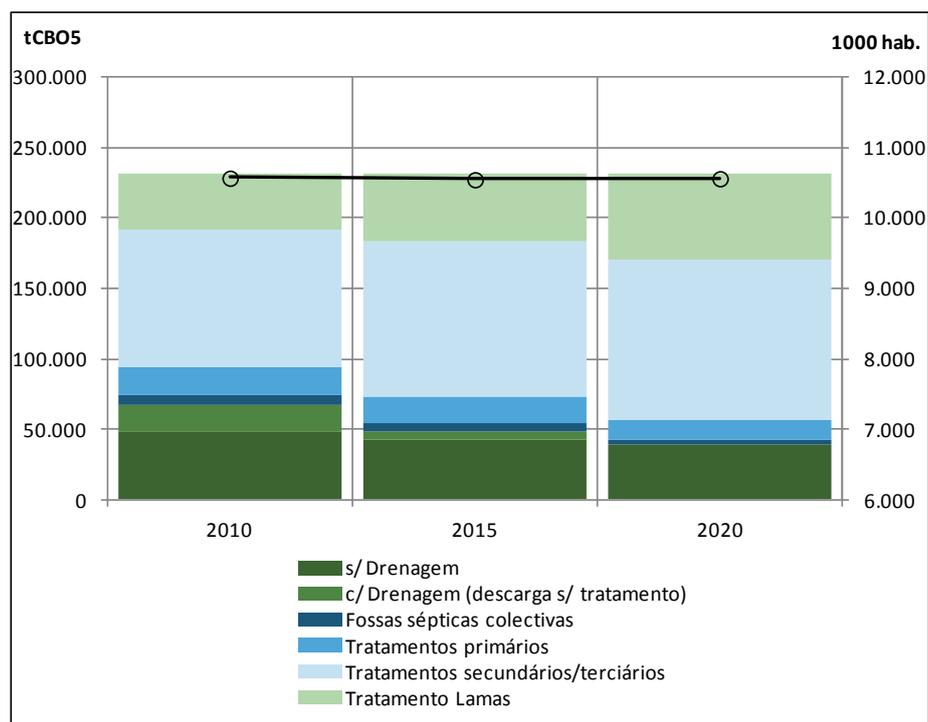


Figura 14: Águas residuais domésticas: níveis de atividade 2010/20

### 2.2.7.3 EMISSÕES DE GASES ACIDIFICANTES, $PM_{2,5}$ E $PM_{10}$

As tabelas que se apresentam de seguida apresentam as projeções de emissões de gases acidificantes e partículas em suspensão no sector dos resíduos.

O sector dos Resíduos (categoria NFR 6) inclui maioritariamente atividades não relacionadas com os processos de combustão, como a deposição no solo e o tratamento de águas residuais, traduzindo-se, como tal, numa maior representatividade global ao nível das emissões de COVNM e  $NH_3$ .

Relembra-se que as atividades relacionadas com o aproveitamento energético de resíduos estão excluídas, estando contabilizadas diretamente no sector da energia. Os valores de  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  deverão ser da mesma magnitude, sendo que o histórico 2005-2012 não contempla as emissões de  $PM_{2,5}$ , pelo que apenas se apresentam os valores de  $PM_{10}$ .

Tabela 46: Emissões de  $NO_x$  associadas ao sector dos Resíduos (Gg)

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Deposição de resíduos no solo	6A				NA		
Águas residuais	6B				NA		
Incineração de resíduos	6C	0,4	1,2	1,0	1,0	0,3	0,3
					$\Delta/2005$	-30%	-30%

**Tabela 47: Emissões de COVNM associadas ao setor dos Resíduos (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Deposição de resíduos no solo	6A	3,8	4,5	4,7	4,8	4,4	3,9
					$\Delta/2005$	16%	3%
Águas residuais	6B	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0
					$\Delta/2005$	-84%	-84%
Incineração de resíduos	6C	2,0	5,8	4,9	4,7	2,3	2,3
					$\Delta/2005$	20%	20%

**Tabela 48: Emissões de SO<sub>2</sub> associadas ao setor dos Resíduos (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Deposição de resíduos no solo	6A			NA			
Águas residuais	6B			NA			
Incineração de resíduos	6C	0,3	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0
					$\Delta/2005$	-92%	-92%

**Tabela 49: Emissões de NH<sub>3</sub> associadas ao setor dos Resíduos (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Deposição de resíduos no solo	6A	1,8	2,0	2,1	2,1	1,9	1,6
					$\Delta/2005$	4%	-10%
Águas residuais	6B				NA		
Incineração de resíduos	6C				NA		

**Tabela 50: Emissões de PM<sub>10</sub> associadas ao setor dos Resíduos (Gg)**

Setor (Gg)	[NFR code]	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
		2005	2010	2011	2012	2015	2020
Deposição de resíduos no solo	6A				NA		
Águas residuais	6B				NA		
Incineração de resíduos	6C	1,0	3,1	2,6	2,5	2,5	2,5
					$\Delta/2005$	143%	143%

As emissões de COVNM, e também de NH<sub>3</sub>, mostram uma tendência que vale a pena destacar, sobretudo pela relevância no setor da Deposição de Resíduos no Solo, onde o previsto *phasing-out* da utilização de aterros acaba por ter um impacto determinante na redução das emissões expectáveis para 2020.

### 2.3 ANÁLISE DO TOTAL DAS PROJEÇÕES DE EMISSÕES PARA 2020

A Tabela 51 sistematiza os valores totais dos GA e de partículas para os anos 2005 e 2010 a 2012 (APA, 2014) e estimativas para 2015 e 2020. A Figura 15 apresenta a comparação entre os valores estimados e os objetivos de redução para 2020 adotados no âmbito das emendas ao Protocolo de Gotemburgo.

**Tabela 51: Emissões totais de gases acidificantes, e partículas**

Poluente	Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção	
	2005	2010	2011	2012	2015	2020
<b>NO<sub>x</sub></b>	256,1	185,7	169,4	161,2	134,9	129,5
				$\Delta/2005$	-47%	-49%
<b>SO<sub>2</sub></b>	176,5	53,9	48,5	43,4	40,2	37,9
				$\Delta/2005$	-77%	-79%
<b>COVNM</b>	207,0	177,2	173,2	168,5	154,5	143,4
				$\Delta/2005$	-25%	-31%
<b>NH<sub>3</sub></b>	50,3	47,2	46,7	47,5	45,3	43,1
				$\Delta/2005$	-10%	-14%
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	69,1	56,9	57,4	55,8	44,9	43,4
				$\Delta/2005$	-35%	-37%
<b>PM<sub>10</sub></b>	99,2	78,2	76,9	73,3	60,9	57,5
				$\Delta/2005$	-39%	-42%

Todos os poluentes analisados apresentam uma redução substancial nas suas emissões nos anos de 2015 e 2020 comparativamente ao valor de 2005. O SO<sub>2</sub> é o poluente que apresenta a redução mais significativa em 2020, sendo que em 2012 já se verificava uma redução de 42% face a 2005 (ver

Tabela 1). Este facto resulta de vários fatores, nomeadamente de alterações no perfil de consumo de energia final, principalmente pelo aumento do consumo de energia renováveis tanto para produção de eletricidade como nos sectores de uso final, bem como da introdução de tecnologias mais eficientes.

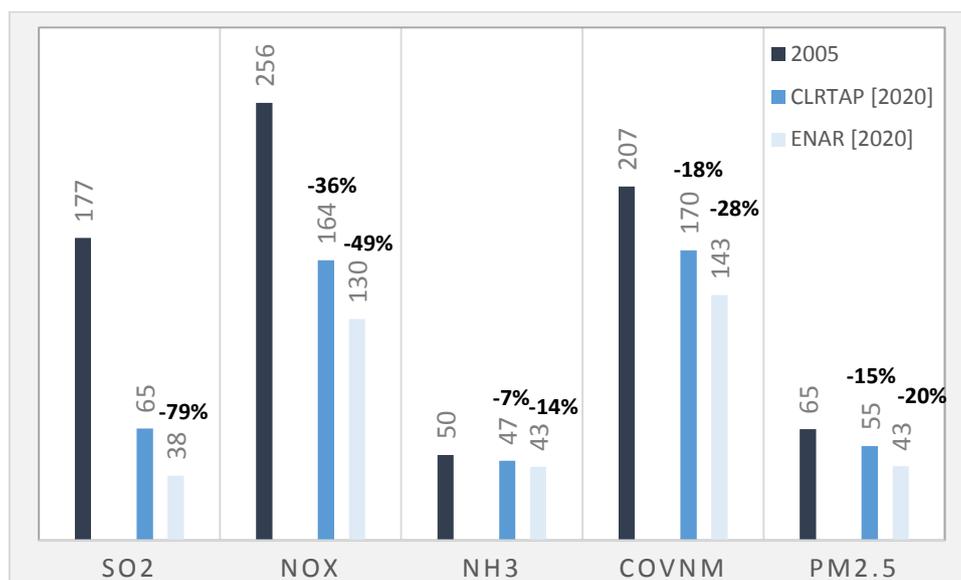


Figura 15. Comparação Estimativa de emissões dos poluentes incluídos no CLRTAP<sup>6</sup>

As estimativas efetuadas apontam para o cumprimento dos tetos de emissão nacionais estabelecidos no âmbito da revisão do PG, prevendo-se para os poluentes SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e COVNM valores inferiores aos fixados, o que providencia uma margem para o seu cumprimento. Para os poluentes PM<sub>2.5</sub> e NH<sub>3</sub> a proximidade entre as estimativas nacionais com os valores do PG sugere uma particular prudência em relação à sua evolução.

As tabelas seguintes sistematizam, de forma desagregada, a contribuição dos diversos setores para o balanço global de emissões de GA, e partículas.

<sup>6</sup> CLRTAP - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, eutrophication and Ground-level Ozone

**Tabela 52: Tabela de balanço emissões de COVNM**

Emissões COVNM (Gg)		Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção			
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
NFR1	OFERTA E CONSUMO DE ENERGIA (exceto transportes)	50,99	42,10	44,04	44,01	38,97	25,10	24,78	22,19
	Peso relativo (%)	25%	24%	25%	26%	25%	17%	17%	15%
	$\Delta/2005$						-51%	-51%	-56%
NFR1	TRANSPORTES	42,33	22,16	18,47	15,87	14,51	14,35	12,11	5,37
	Peso relativo (%)	20%	13%	11%	9%	9%	10%	8%	4%
	$\Delta/2005$						-66%	-71%	-87%
NFR2	PROCESSOS INDUSTRIAIS	36,96	37,34	37,37	37,36	35,72	37,61	41,55	45,59
	Peso relativo (%)	18%	21%	22%	22%	23%	26%	28%	31%
	$\Delta/2005$						2%	12%	23%
NFR3	SOLVENTES E USO DE OUTROS PRODUTOS	68,89	63,03	61,10	59,09	56,20	57,84	60,92	65,08
	Peso relativo (%)	33%	36%	35%	35%	36%	40%	41%	45%
	$\Delta/2005$						-16%	-12%	-6%
NFR4	AGRICULTURA E PECUÁRIA	1,98	1,95	2,49	2,48	2,40	2,30	2,30	2
	Peso relativo (%)	1%	1%	1%	1%	2%	2%	2%	2%
	$\Delta/2005$						16%	16%	15%
NFR6	RESÍDUOS	5,83	10,58	9,75	9,68	6,71	6,24	5,60	4,86
	Peso relativo (%)	3%	6%	6%	6%	4%	4%	4%	3%
	$\Delta/2005$						7%	-4%	-17%
NFR7	OUTROS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
<b>Total</b>		<b>206,98</b>	<b>177,17</b>	<b>173,22</b>	<b>168,50</b>	<b>154,51</b>	<b>143,44</b>	<b>147,26</b>	<b>145,37</b>
	$\Delta/2005$						-31%	-29%	-30%

**Tabela 53: Tabela de balanço emissões de SO<sub>2</sub>**

Emissões SO <sub>2</sub> (Gg)		Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção			
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
NFR1	OFERTA E CONSUMO DE ENERGIA (exceto transportes)	161,84	45,75	40,90	36,28	32,87	30,14	37,20	29,41
	Peso relativo (%)	92%	85%	84%	84%	82%	80%	80%	76%
	$\Delta/2005$						-81%	-77%	-82%
NFR1	TRANSPORTES	2,37	2,09	1,77	1,95	1,56	1,60	2,55	2,13
	Peso relativo (%)	1%	4%	4%	4%	4%	4%	6%	6%
	$\Delta/2005$						-33%	8%	-10%
NFR2	PROCESSOS INDUSTRIAIS	11,98	5,79	5,57	4,87	5,70	6,06	6,49	6,95
	Peso relativo (%)	7%	11%	11%	11%	14%	16%	14%	18%
	$\Delta/2005$						-49%	-46%	-42%
NFR3	SOLVENTES E USO DE OUTROS PRODUTOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
NFR4	AGRICULTURA E PECUÁRIA	0,08	0,08	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						13%	13%	13%
NFR6	RESÍDUOS	0,27	0,20	0,17	0,17	0,02	0,02	0,02	0,02
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						-92%	-92%	-92%
NFR7	OUTROS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
		<b>176,54</b>	<b>53,91</b>	<b>48,51</b>	<b>43,37</b>	<b>40,24</b>	<b>37,90</b>	<b>46,35</b>	<b>38,60</b>
$\Delta/2005$							-79%	-74%	-78%

**Tabela 54: Tabela de balanço emissões de NO<sub>x</sub>**

Emissões NO <sub>x</sub> (Gg)		Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção			
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
NFR1	OFERTA E CONSUMO DE ENERGIA (exceto transportes)	145,40	90,58	80,30	78,05	66,61	61,53	55,76	54,13
	Peso relativo (%)	57%	49%	47%	48%	49%	47%	47%	58%
	$\Delta/2005$						-58%	-62%	-63%
NFR1	TRANSPORTES	103,26	86,95	80,57	74,58	60,47	59,92	53,19	30,41
	Peso relativo (%)	40%	47%	48%	46%	45%	46%	45%	33%
	$\Delta/2005$						-42%	-48%	-71%
NFR2	PROCESSOS INDUSTRIAIS	5,12	5,23	5,49	5,56	5,59	5,95	6,27	6,70
	Peso relativo (%)	2%	3%	3%	3%	4%	5%	5%	7%
	$\Delta/2005$						16%	23%	31%
NFR3	SOLVENTES E USO DE OUTROS PRODUTOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
NFR4	AGRICULTURA E PECUÁRIA	1,87	1,79	2,03	2,07	1,97	1,90	1,89	1,88
	Peso relativo (%)	1%	1%	1%	1%	1%	1%	2%	2%
	$\Delta/2005$						1%	1%	0%
NFR6	RESÍDUOS	0,42	1,19	0,99	0,96	0,28	0,28	0,28	0,28
	Peso relativo (%)	0%	1%	1%	1%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						-34%	-34%	-34%
NFR7	OUTROS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
		<b>256,07</b>	<b>185,75</b>	<b>169,39</b>	<b>161,22</b>	<b>134,91</b>	<b>129,58</b>	<b>117,38</b>	<b>93,40</b>
							-49%	-54%	-64%

**Tabela 55: Tabela de balanço emissões de NH<sub>3</sub>**

Emissões NH <sub>3</sub> (Gg)		Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção			
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
NFR1	OFERTA E CONSUMO DE ENERGIA (exceto transportes)	0,75	0,55	0,32	0,47	0,28	0,29	0,31	0,33
	Peso relativo (%) $\Delta/2005$	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
NFR1	TRANSPORTES	1,84	1,32	1,15	1,02	0,97	0,85	0,54	1,00
	Peso relativo (%) $\Delta/2005$	4%	3%	2%	2%	2%	2%	1%	2%
NFR2	PROCESSOS INDUSTRIAIS	2,25	1,50	1,48	1,89	1,61	1,71	1,90	2,12
	Peso relativo (%) $\Delta/2005$	4%	3%	3%	4%	4%	4%	5%	5%
NFR3	SOLVENTES E USO DE OUTROS PRODUTOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%) $\Delta/2005$	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
NFR4	AGRICULTURA E PECUÁRIA	43,64	41,69	41,55	42,02	40,58	38,58	37,40	36,22
	Peso relativo (%) $\Delta/2005$	87%	88%	89%	89%	90%	90%	90%	89%
NFR6	RESÍDUOS	1,83	2,13	2,20	2,08	1,89	1,65	1,34	1,01
	Peso relativo (%) $\Delta/2005$	4%	5%	5%	4%	4%	4%	3%	2%
NFR7	OUTROS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%) $\Delta/2005$	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
		<b>50,30</b>	<b>47,19</b>	<b>46,70</b>	<b>47,48</b>	<b>45,34</b>	<b>43,08</b>	<b>41,50</b>	<b>40,69</b>
		$\Delta/2005$					-14%	-17%	-19%

Tabela 56: Tabela de balanço emissões de PM<sub>2,5</sub>

Emissões PM <sub>2,5</sub> (Gg)		Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção			
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
NFR 1	OFERTA E CONSUMO DE ENERGIA (exceto transportes)	43,85	34,39	35,04	33,67	24,14	21,82	22,19	22,30
	Peso relativo (%)	63%	60%	61%	60%	54%	50%	49%	50%
	$\Delta/2005$						-50%	-49%	-49%
NFR 1	TRANSPORTES	6,81	5,77	5,24	5,08	4,11	4,17	3,97	2,65
	Peso relativo (%)	10%	10%	9%	9%	9%	10%	9%	6%
	$\Delta/2005$						-39%	-42%	-61%
NFR 2	PROCESSOS INDUSTRIAIS	16,56	14,39	14,75	14,76	14,44	15,28	16,56	17,97
	Peso relativo (%)	24%	25%	26%	26%	32%	35%	37%	40%
	$\Delta/2005$						-8%	0%	9%
NFR 3	SOLVENTES E USO DE OUTROS PRODUTOS	0,02	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						100%	100%	100%
NFR 4	AGRICULTURA E PECUÁRIA	1,85	2,38	2,30	2,24	2,21	2,11	2,10	2,09
	Peso relativo (%)	3%	4%	4%	4%	5%	5%	5%	5%
	$\Delta/2005$						14%	14%	13%
NFR 6	RESÍDUOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						16%	14%	13%
NFR 7	OUTROS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
		<b>69,08</b>	<b>56,95</b>	<b>57,35</b>	<b>55,78</b>	<b>44,90</b>	<b>43,38</b>	<b>44,83</b>	<b>45,02</b>
$\Delta/2005$							-37%	-35%	-35%

**Tabela 57: Tabela de balanço emissões de PM<sub>10</sub>**

Emissões PM <sub>10</sub> (Gg)		Histórico (Fonte: IIR, 2014)				Projeção			
		2005	2010	2011	2012	2015	2020	2025	2030
NFR1	OFERTA DE ENERGIA (excepto transportes)	46,96	36,12	36,61	35,15	22,73	17,84	18,44	18,84
	Peso relativo (%)	47%	46%	48%	48%	37%	31%	31%	31%
	$\Delta/2005$						-62%	-61%	-60%
NFR1	TRANSPORTES	7,61	6,59	6,00	5,81	4,64	4,67	4,43	2,79
	Peso relativo (%)	8%	8%	8%	8%	8%	8%	7%	5%
	$\Delta/2005$						-39%	-42%	-63%
NFR2	PROCESSOS INDUSTRIAIS	41,73	29,97	29,42	27,57	28,83	30,36	32,79	35,44
	Peso relativo (%)	42%	38%	38%	38%	47%	53%	54%	57%
	$\Delta/2005$						-27%	-21%	-15%
NFR3	SOLVENTES E USO DE OUTROS PRODUTOS	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
NFR4	AGRICULTURA E PECUÁRIA	1,85	2,38	2,30	2,24	2,21	2,11	2,10	2,09
	Peso relativo (%)	2%	3%	3%	3%	4%	4%	3%	3%
	$\Delta/2005$						14%	14%	13%
NFR6	RESÍDUOS	1,04	3,10	2,61	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53
	Peso relativo (%)	1%	4%	3%	3%	4%	4%	4%	4%
	$\Delta/2005$						143%	143%	143%
NFR7	OUTROS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Peso relativo (%)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	$\Delta/2005$						0%	0%	0%
		<b>99,20</b>	<b>78,17</b>	<b>76,95</b>	<b>73,32</b>	<b>60,94</b>	<b>57,52</b>	<b>60,29</b>	<b>61,70</b>
$\Delta/2005$							-42%	-39%	-38%

## 2.4 PROJEÇÃO DE EMISSÕES PARA 2030

No âmbito do novo programa “Ar limpo para a Europa”<sup>7</sup> encontra-se a decorrer o processo de revisão da “Diretiva Tetos” no qual são propostos novos compromissos de redução de emissões de poluentes atmosféricos para 2030. Para além dos poluentes já constantes na diretiva em vigor, a proposta de diretiva em discussão inclui as  $PM_{2,5}$  (em linha com o estabelecido no PG) e o metano ( $CH_4$ ) que além de ser um gás com efeito de estufa é também um precursor do ozono troposférico. A redução das emissões do metano apresenta uma clara oportunidade de sinergia entre políticas climáticas e de qualidade do ar.

A nível comunitário foram efetuadas as cenarizações das estimativas das emissões de poluentes atmosféricos para o ano de referência 2005 e as projeções das emissões para o ano 2030, considerando que a regulamentação existente na UE é totalmente implementada em todos os estados membros através do modelo GAINS<sup>8</sup> desenvolvido pelo IIASA<sup>9</sup>.

O exercício de cenarização realizado a nível nacional para 2030, seguiu a mesma metodologia da utilizada para a projeção de emissões para 2020. Assim, foram utilizadas as variáveis de atividade referentes ao cenário *REFaj\_Alto* do PNAC. Os valores de projeção de emissões para o poluente  $CH_4$  foram obtidos diretamente de resultados subjacentes ao cenário referido.

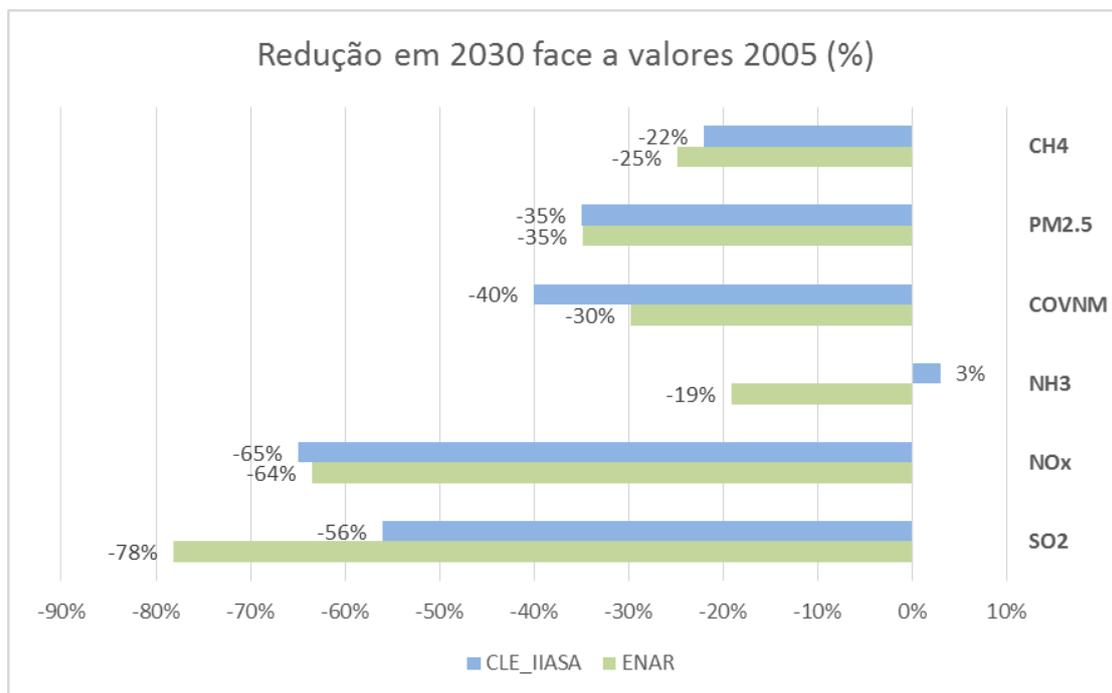
Este exercício permitiu efetuar uma análise comparativa com o cenário de referência (*Current legislation CLE*) preconizado no “pacote do Ar” e o cenário nacional de evolução das emissões para 2030 (Figura 16).

---

<sup>7</sup> Communication from the Commission to the Council and the European Parliament "A Clean Air Programme for Europe ", COM(2013)

<sup>8</sup> Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies (GAINS)-Model

<sup>9</sup> International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)



**Figura 16: Comparação das estimativas nacionais emissões de poluentes atmosféricos (inseridos no âmbito da diretiva tetos) com o cenário CLE**

Na Tabela 58 apresentam-se os valores de Portugal reportados à UNECE, no IIR 2014, e os valores estimados pelo IIASA- 2014, denotando-se uma diferença assinalável para alguns poluentes que importa ter em conta no âmbito das consultas aos estados membros para afinção das variáveis usadas no modelo GAINS. Estas diferenças refletem-se igualmente nas projeções realizadas para 2030, prevendo-se que no decorrer dos trabalhos de preparação desta diretiva comunitária, estes valores sejam ainda revistos.

**Tabela 58: Projeções de emissões para 2030 – PT vs CLE**

Poluente	2005 (IIR,2014)	2005 (IIASA,2014 <sup>10</sup> )	2030			
			Gg		Δ/2005	
			Projeções nacionais	CLE <sup>11</sup>	Projeções nacionais	CLE <sup>11</sup>
SO <sub>2</sub>	177	111	39	49	-78%	-56%
NO <sub>x</sub>	256	268	93	92	-64%	-65%
NH <sub>3</sub>	50	71	41	73	-19%	3%
COVNM	207	227	145	137	-30%	-40%
PM <sub>2,5</sub>	69	63	45	41	-35%	-35%
CH <sub>4</sub>	593	570	446	445	-25%	-22%

<sup>10</sup> Fonte: IIASA, 2014. The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP Report #11 Version 1.1

<sup>11</sup> CLE–Current Legislation. IIASA, 2014. The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP Report #11 Version 1.1

# 3



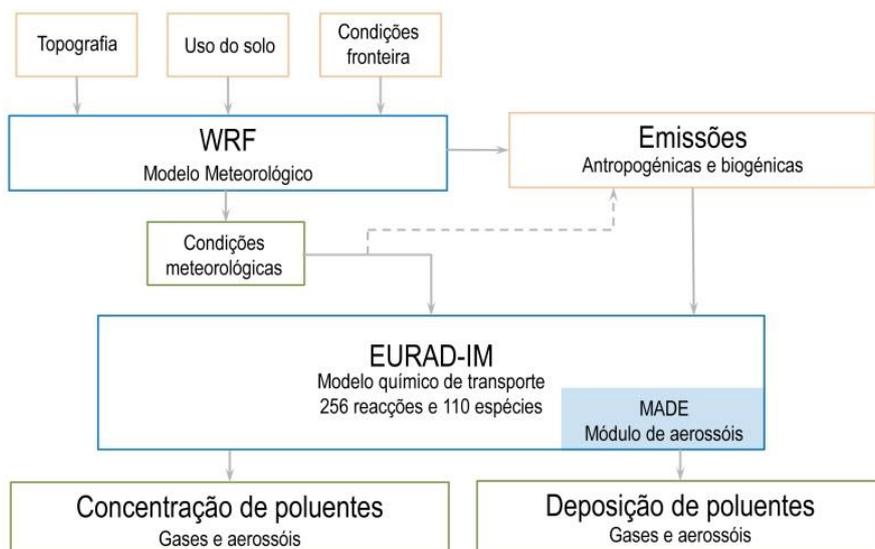
## Perspetivas futuras – Simulação da qualidade do ar ambiente em Portugal com recurso a modelação

Neste capítulo é apresentada a simulação das concentrações de poluentes para 2020 e efetuada a análise dos resultados obtidos. De referir que, não obstante o diagnóstico da situação atual efetuado através da informação recolhida nas estações de monitorização (constante no Relatório de Diagnóstico), procedeu-se, também, à avaliação da qualidade do ar para 2012 recorrendo à modelação numérica com o objetivo de se estabelecer a base para uma análise comparativa com as projeções para 2020, cujos resultados e respetiva análise são igualmente apresentados no presente capítulo.

### 3.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE MODELAÇÃO E SUA APLICAÇÃO

O sistema de modelação utilizado nas simulações foi previamente validado, comparando os seus resultados com valores medidos nas redes de monitorização, recorrendo à ferramenta DELTA-TOOL, desenvolvida no âmbito da rede europeia FAIRMODE (Miranda *et al.*, 2013a; 2013b).

O sistema de modelos selecionado para a avaliação da qualidade do ar consiste no modelo meteorológico de mesoscala (*Weather Research and Forecasting - WRF*), do *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) (Skamarock e Klemp, 2008), versão 3,5, e no modelo químico de transporte multi-escala *EUROpean Air pollution Dispersion-Inverse Model extension* (EURAD-IM), versão 5,6, desenvolvido pelo *Rhenish Institute for Environmental Research da Universidade de Colónia* (Elbern *et al.*, 2007; Strunk *et al.*, 2010). Na Figura 17 é apresentado um esquema simplificado do sistema de modelos WRF-EURAD-IM.



**Figura 17: Esquema do sistema de modelos WRF-EURAD-IM**

Os dados de entrada necessários ao modelo químico de transporte EURAD-IM compreendem informação meteorológica, fornecida pelo modelo WRF, dados detalhados de emissões (antropogénicas e biogénicas) e condições fronteira, para além da caracterização fisiográfica da região (topografia e uso do solo). Os resultados obtidos incluem campos de concentração e de deposição dos vários poluentes gasosos e aerossóis simulados pelo modelo químico. A escolha deste sistema de modelos para a avaliação da qualidade do ar deveu-se ao seu bom desempenho, tal como apresentado e descrito em Borrego *et al*, (2011) e Monteiro *et al*, (2013).

#### Modelo WRF

O modelo WRF é um modelo meteorológico não hidrostático, destinado a simular circulações atmosféricas à escala regional (Skamarock e Klemp, 2008). É um modelo comunitário de mesoscala, disponível à comunidade científica (<http://www.wrf-model.org>) com capacidade de executar *nesting* múltiplos, permitindo a assimilação de dados nas 4 dimensões (x, y, z, t) e incluindo um conjunto de opções físicas de cálculo da camada limite, parametrização de cúmulos, esquemas radiativos, esquemas explícitos de humidade, entre outros.

#### Modelo EURAD-IM

O modelo modelo químico de transporte EURAD-IM foi desenvolvido para simular os campos de concentração e deposição de poluentes, tendo por base a solução Euleriana da equação da continuidade (Elbern *et al*, 2007; Strunk *et al*, 2010). Este modelo recorre à técnica de *nesting* para aplicações desde a escala continental até à urbana.

Tal como a maioria dos modelos químicos de mesoscala, o modelo EURAD-IM permite optar por diversos mecanismos químicos para a fase gasosa, sendo o *Regional Atmospheric Chemistry Mechanism* com extensão para aerossóis orgânicos secundários (RACM-SOA) o mecanismo usado no âmbito deste trabalho. Para a dinâmica dos aerossóis foi adotado o mecanismo MADE (*Modal Aerosol Dynamics model for Europe*), que descreve a composição química dos aerossóis troposféricos considerando a química das fases gasosa e particulada

(Ackermann *et al.*, 1998). Relativamente à distribuição dos aerossóis por tamanhos, os mecanismos abrangidos são: transporte, nucleação, condensação, coagulação e evaporação. Estes processos são calculados considerando a interação com as nuvens, a deposição seca e húmida, as emissões e a química da fase gasosa. Como resultado final, o modelo EURAD-IM calcula campos de concentração e deposição da fase gasosa e de aerossóis (com distribuição por tamanho).

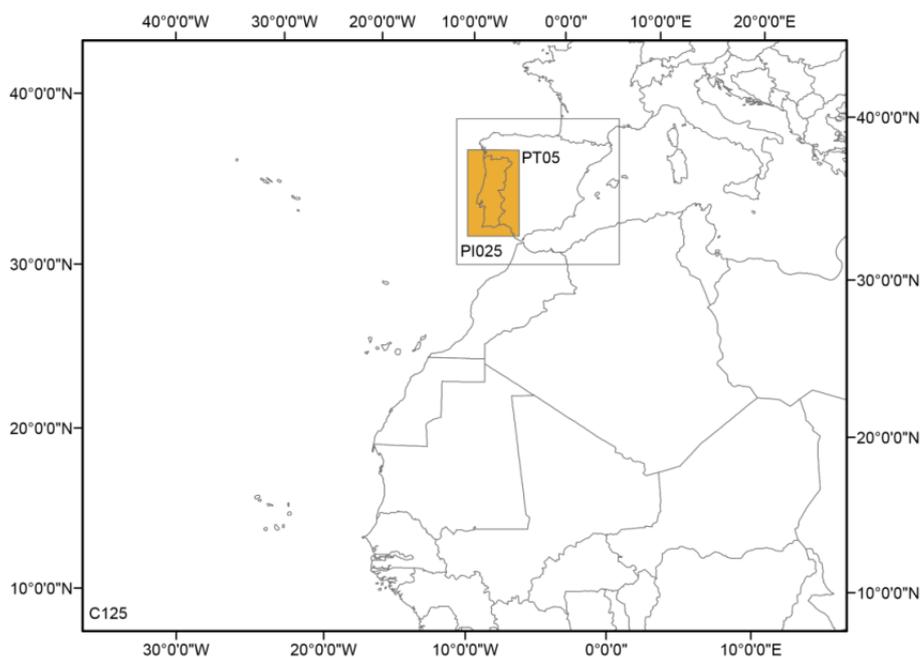
#### Condições de aplicação

A configuração dos domínios de simulação da qualidade do ar em Portugal Continental, recorrendo à técnica de *nesting*, encontra-se representada na Figura 18 e compreende três domínios de simulação, de modo a conseguir uma resolução elevada sobre Portugal continental ( $5 \times 5 \text{ km}^2$ ), fundamental para uma avaliação detalhada da qualidade do ar.

**C125** – Domínio continental, com  $125 \times 125 \text{ km}^2$  de resolução horizontal;

**PI025** – Península Ibérica, com  $25 \times 25 \text{ km}^2$  de resolução horizontal;

**PT05** – Portugal Continental, com  $5 \times 5 \text{ km}^2$  de resolução horizontal.



**Figura 18. Domínios de simulação para avaliação da qualidade do ar em Portugal continental: domínio continental com  $125 \times 125 \text{ km}^2$  de resolução horizontal (C125), Península Ibérica com  $25 \times 25 \text{ km}^2$  de resolução horizontal (PI025) e Portugal continental com  $5 \times 5 \text{ km}^2$  de resolução horizontal (PT05)**

A simulação para um determinado dia ( $d$ ) é iniciada com a interpolação dos dados meteorológicos globais para o domínio à escala continental (C125). Ainda para este domínio, a simulação considera como condições iniciais e fronteira, os dados referentes à simulação do dia anterior ( $d-1$ ). No caso de não existir informação para  $d-1$ , a informação considerada é fornecida pelo modelo climatológico MOZART (Horowitz *et al.*, 2003). As condições iniciais e

fronteira, consideradas para os restantes domínios, referem-se às concentrações obtidas nas simulações do domínio maior.

#### Dados de emissões

As emissões são incluídas no modelo químico como emissões totais em grelha ( $\text{ton,ano}^{-1},\text{célula}^{-1}$ ), por setor de atividade e por poluente, sendo desagregadas temporalmente pelo módulo de pré-processamento do sistema de modelação EURAD-IM.

Relativamente aos dados de emissões necessários para a presente aplicação, foi usado, nas simulações para os domínios Continental (C125) e Península Ibérica (IP025), o inventário de emissões EMEP<sup>12</sup> (Vestreng *et al.*, 2007), desagregado de acordo com uma metodologia similar à descrita por Schmidt *et al.*, (2001). Para o domínio de Portugal Continental (PT05) recorreu-se a dados de emissões totais provenientes do Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas (INERPA), referente ao ano de 2012 (APA, 2014). Para os setores SNAP 5, 7 e 8, que representam fontes de emissão em área, as emissões foram desagregadas espacialmente até ao nível do concelho. Para estes setores, considerados como fontes em área, as emissões totais por setor de atividade SNAP e por poluente foram desagregadas para a grelha do domínio de simulação, com uma resolução de  $5 \times 5 \text{ km}^2$ , considerando a distribuição espacial das emissões por concelho disponíveis (APA, 2011). Para os SNAP 2, 3, 4, 6, 9 e 10, a partir das emissões por concelho, foi efetuada uma desagregação das emissões por freguesia com base em fatores socioeconómicos adequados para cada sector de atividade, como são exemplo o tipo e consumo de combustível e a densidade populacional (Monteiro *et al.*, 2007). Relativamente ao SNAP 1, para o ano de 2012 foram consideradas as emissões das fontes pontuais alocadas a este setor de atividade e reportadas no âmbito da diretiva das grandes instalações de combustão e do inventário nacional de emissões.

Em Miranda *et al.*, (2013a) encontra-se informação detalhada sobre a desagregação temporal e espacial e perfis verticais das emissões usados.

### **3.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM PORTUGAL CONTINENTAL PARA 2012 COM RECURSO A MODELAÇÃO**

Como já referido, procedeu-se à simulação e análise dos dados de qualidade do ar para 2012 no sentido de estabelecer uma referência para a análise comparativa com as projeções para 2020. Assim, com base nos resultados da modelação numérica (sistema de modelos WRF-EURAD-IM), foi efetuada uma análise do cumprimento da legislação, de acordo com os parâmetros definidos no Decreto-lei 102/2010 relativo à avaliação e gestão da qualidade do ar, nomeadamente no que se refere aos valores-limite (VL) para a proteção da saúde humana, limiares de alerta (LA) e de informação (LI), valores-alvo (VA), objetivo a longo prazo (OLP) e

---

<sup>12</sup> Base de dados EMEP disponível em:  
[http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/webdab\\_emepdatabase/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/webdab_emepdatabase/)

níveis críticos (NC) para a proteção da vegetação. Os poluentes avaliados foram: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), dióxido e óxidos de azoto (NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>), partículas em suspensão (PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), monóxido de carbono (CO) e ozono (O<sub>3</sub>) (Tabela 59).

**Tabela 59: Valores-limite (VL) para a proteção da saúde humana, limiares de alerta (LA) e de informação (LI) e níveis críticos (NC) para a proteção da vegetação, períodos de referência e número máximo de excedências por ano civil, estabelecidos na Diretiva 2008/50/CE, para os poluentes em análise**

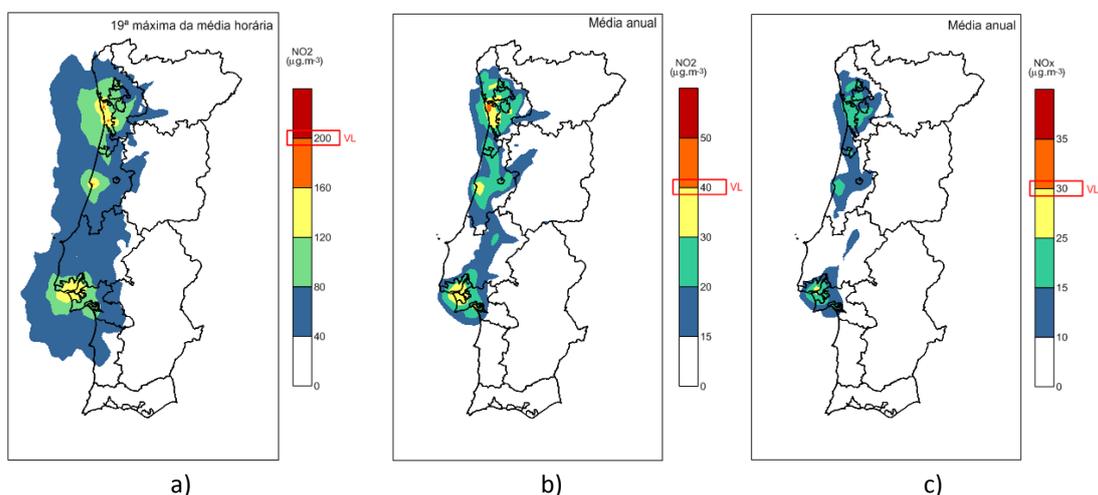
Poluente	Período de referência	Valor-limite (VL)	Nº máximo excedências num ano civil
		Limiar de alerta (LA) Limiar informação (LI) Valor-alvo (VA) Nível crítico (NC) (µg,m <sup>-3</sup> )	
SO <sub>2</sub>	1 hora	VL: 350	24
	1 dia	VL: 125	3
	1 hora (medir em 3 horas consecutivas)	LA: 500	-
	Inverno (1 de Outubro a 31 de Março)	NC: 20	-
NO <sub>2</sub>	1 hora	VL: 200	18
	1 hora (medir em 3 horas consecutivas)	LA: 500	-
NO <sub>x</sub>	1 ano civil	VL: 40	-
	1 ano civil	NC: 30	-
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	1 ano civil	VL: 5	-
CO	8 horas (máx, da média octo-horária)	VL: 10000	-
PM <sub>10</sub>	1 dia	VL: 50	35
	1 ano civil	VL: 40	-
PM <sub>2,5</sub>	1 ano civil	VA: 25	-
O <sub>3</sub>	8 horas (máxima da média móvel octo-horária)	VA: 120	25
	8 horas (máxima da média móvel octo-horária)	OLP:120	-
	1 hora	LI: 180	-
	1 hora	LA: 240	-

A escala de cores dos resultados que a seguir se apresenta foi definida tendo em atenção os valores legislados indicando a cor vermelha/laranja potencial ultrapassagem destes parâmetros.

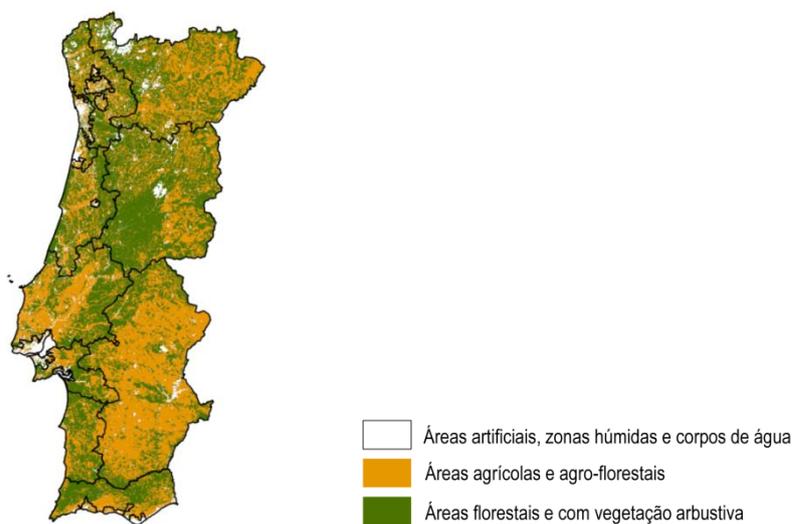
### **Óxidos de azoto (NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>)**

A informação proveniente da modelação da qualidade do ar, no que se refere à 19ª máxima da concentração média horária de NO<sub>2</sub> (Figura 19a), indica que o VL (200 µg,m<sup>-3</sup>) não foi ultrapassado em nenhuma zona ou aglomeração. Os valores mais elevados ocorrem nas aglomerações da AML e Porto Litoral, o que seria expetável face às maiores emissões provenientes de transportes e da combustão residencial nestas áreas. No que se refere às médias anuais de NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> (Figura 19 b) e c)), as distribuições espaciais são similares às verificadas no mapa da Figura 19ª. É de realçar que o parâmetro NC é usado para avaliação da qualidade do ar para efeitos de proteção da vegetação. Tal como é possível verificar pela Figura 20, as áreas com utilização agrícola e florestal estão maioritariamente localizadas fora

das aglomerações onde as concentrações médias de  $\text{NO}_x$  são mais elevadas (AML Norte e Porto Litoral).



**Figura 19: Campos de concentração de  $\text{NO}_2$  e  $\text{NO}_x$ , referentes ao ano 2012: a) 19ª máxima média horária  $\text{NO}_2$ ; b) média anual  $\text{NO}_2$  e c) média anual  $\text{NO}_x$**



**Figura 20: Distribuição espacial do uso do solo, em Portugal Continental, proveniente da base de dados Corine Land Cover 2006**

### Ozono ( $\text{O}_3$ )

Para 2012, os resultados da simulação indicam a ocorrência de ultrapassagens ao VA em várias áreas do território continental, com maior incidência na área Noroeste de Portugal e em alguns locais do interior do país (Figura 21a). As ultrapassagens ao valor de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (OLP), a cumprir em 2020, ocorrem, em grande parte do território nacional (Figura 21b), verificando-se, que atualmente a zona do Alentejo Interior já cumpre este objetivo.

No que se refere ao limiar de informação (LI), prevê-se que este seja ultrapassado em mais de 4 vezes em algumas zonas do Norte do país junto à fronteira com Espanha, (Figura 21c).

A legislação define, ainda, um limiar de alerta (LA = 240  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) que, de acordo com os resultados do exercício de modelação, não foi atingido na maior parte do território continental durante 2012.

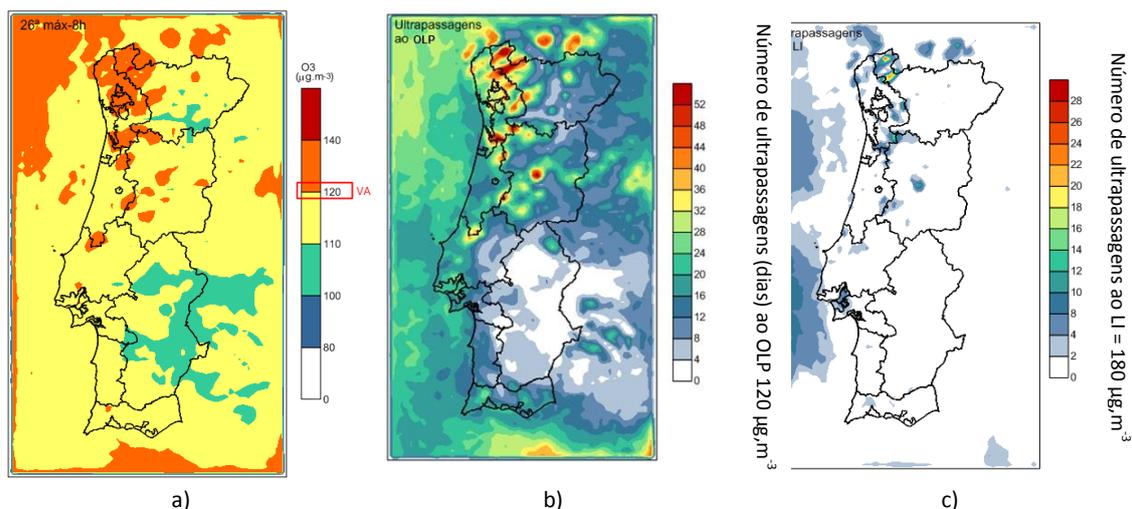
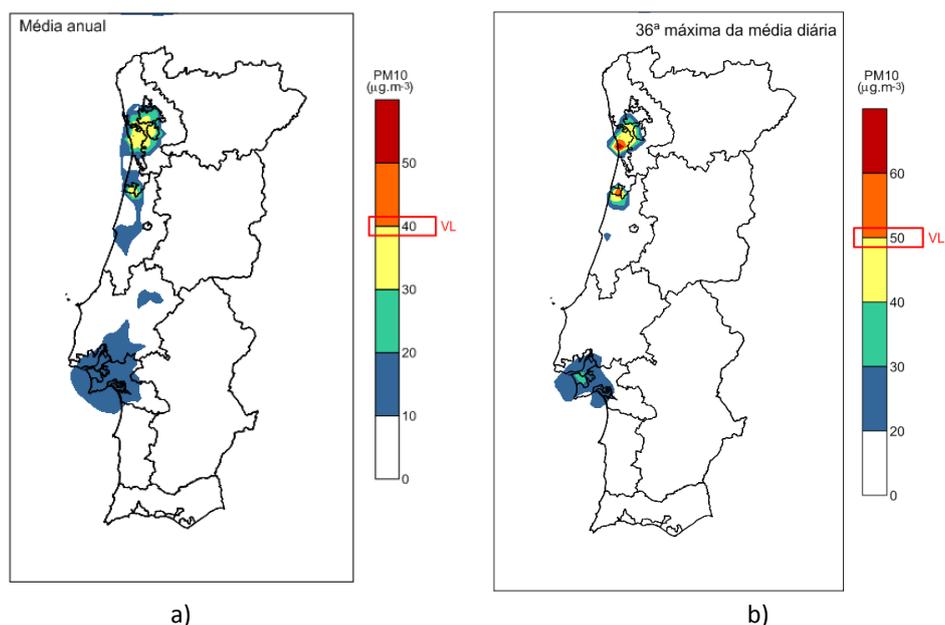


Figura 21. Resultados da modelação para  $\text{O}_3$ , relativos ao ano 2012: a) campos da 26ª concentração máx-8h; b) número de dias com ultrapassagens ao OLP e c) número de ultrapassagens ao LI

### Partículas em suspensão ( $\text{PM}_{10}$ )

Da análise da informação obtida na modelação, verifica-se o cumprimento do valor limite de longa duração para a proteção da saúde humana (média anual) em todo o território nacional, apesar de concentrações relativamente elevadas na área urbana do Porto (acima de 30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

O valor limite para a proteção da saúde humana, em termos de médias diárias, é ultrapassado em mais de 35 dias durante o ano de 2012 na região urbana do Porto (Porto Litoral) e na área de influência de Aveiro/Estarreja, indiciando incumprimento da legislação relativamente a este parâmetro para estas duas áreas. No restante território nacional verifica-se o cumprimento da legislação.

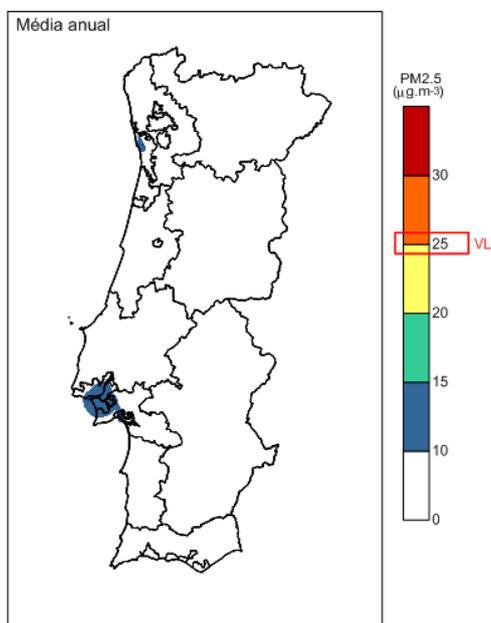


**Figura 22: Campos de concentração de PM<sub>10</sub>, referentes ao ano 2012: a) média anual; b) 36ª máxima da média diária**

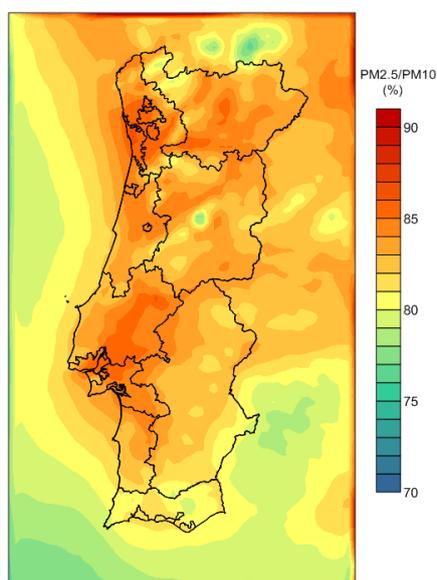
### Partículas em suspensão (PM<sub>2,5</sub>)

Pela análise do campo das concentrações médias anuais de PM<sub>2,5</sub> (Figura 24), verifica-se que os valores mais elevados ocorrem nas áreas urbanas de Lisboa e Porto, não havendo ultrapassagens ao VA. Para ambas as áreas urbanas, incluindo zonas e aglomerações adjacentes, as concentrações médias anuais de PM<sub>2,5</sub> situam-se entre 10 e 15 µg,m<sup>-3</sup>.

Adicionalmente, para uma melhor compreensão da origem e formação das partículas em suspensão, representou-se a distribuição espacial da relação entre as concentrações médias anuais de PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub> (Figura 24), a qual indica que mais de 75% das PM<sub>10</sub> têm diâmetro inferior a 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>).



**Figura 23: Campo de concentração referente à média anual de  $PM_{2,5}$  para o ano 2012**



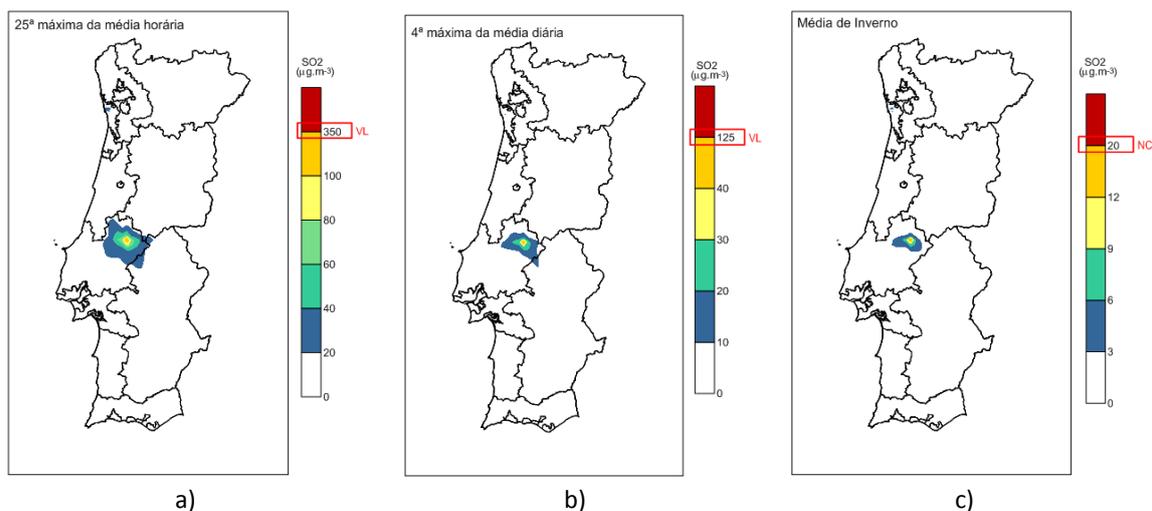
**Figura 24: Razão entre as concentrações médias anuais de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$  para o ano 2012**

Em todo o Litoral Oeste, em especial nas regiões de Lisboa (incluindo a margem Sul) e desde Estarreja a Braga, observa-se que a razão entre as concentrações de  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$  pode atingir os 90%. Tal pode ser justificado por estas serem zonas com uma elevada densidade populacional, e conseqüentemente mais afetadas pelo tráfego rodoviário, combustão residencial e industrial (principais fontes emissoras de partículas de pequena dimensão).

### Dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>)

Através do exercício de modelação efetuado para 2012, estima-se que, para todo o continente e para todos os parâmetros em análise, as concentrações de SO<sub>2</sub> não excederam os VL e NC definidos na Diretiva 2008/50/CE.

Pela Figura 25 é ainda possível verificar que a única área com valores de SO<sub>2</sub> significativos se encontra na região de Constância, onde existem emissões de SO<sub>2</sub> provenientes do SNAP 4 (processos de produção) e SNAP3 (combustão industrial).

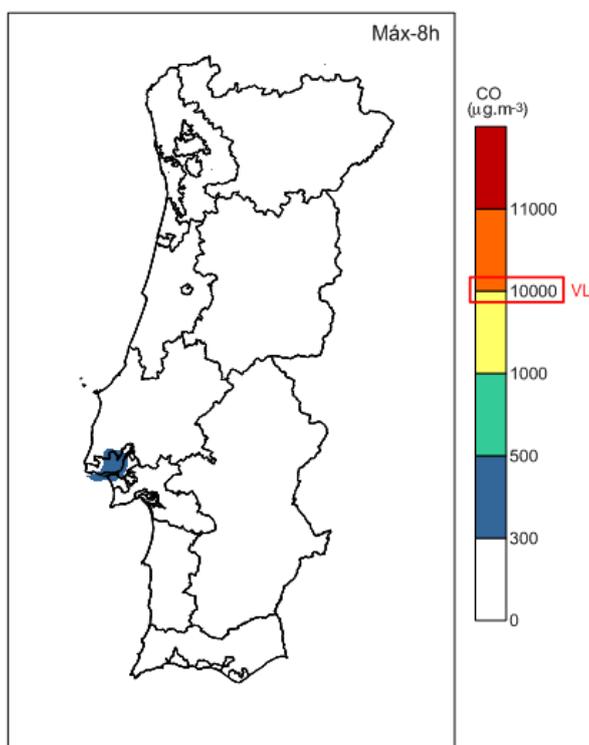


**Figura 25: Campos de concentração de SO<sub>2</sub>, referentes ao ano 2012: a) 25ª máxima da média diária; b) 4ª máxima da média diária e c) média de Inverno**

### **Monóxido de carbono (CO)**

As concentrações de CO estimadas (máximo de  $550 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) estão bastante abaixo do VL definido ( $10000 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), não havendo, portanto, ultrapassagens ao VL. Os níveis de CO simulados são bastante baixos em todo o território nacional, havendo apenas concentrações máximas das médias octo-horárias superiores a  $300 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  nas aglomerações da AML Norte e Sul.

Por este poluente apresentar concentrações tão baixas, será apenas apresentado nesta fase de diagnóstico e não constará da análise para 2020.



**Figura 26: Campo de concentração referente à concentração máxima diária da média octo-horária de CO para o ano 2012**

### **Benzeno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)**

Os valores máximos estimados para 2012 (3,6 µg.m<sup>-3</sup>) não excedem o VL (Figura 27)

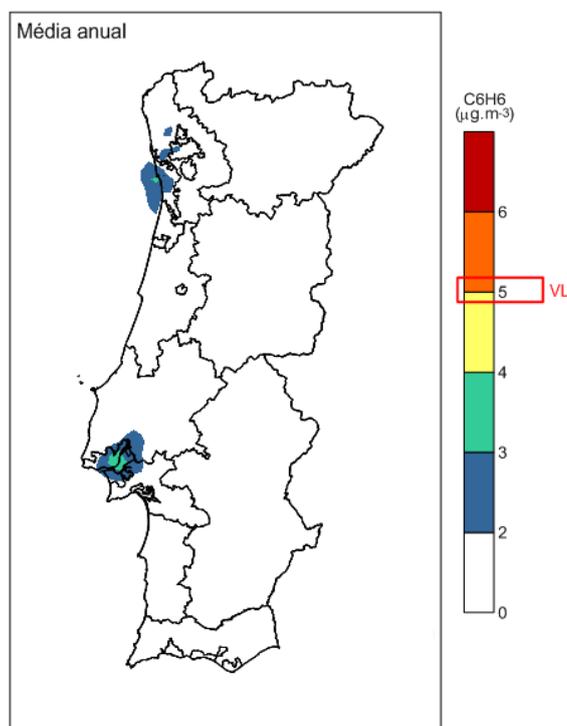


Figura 27: Campo de concentração referente à média anual de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> para o ano 2012

### **3.3 Avaliação da qualidade do ar para o horizonte 2020 com recurso a modelação**

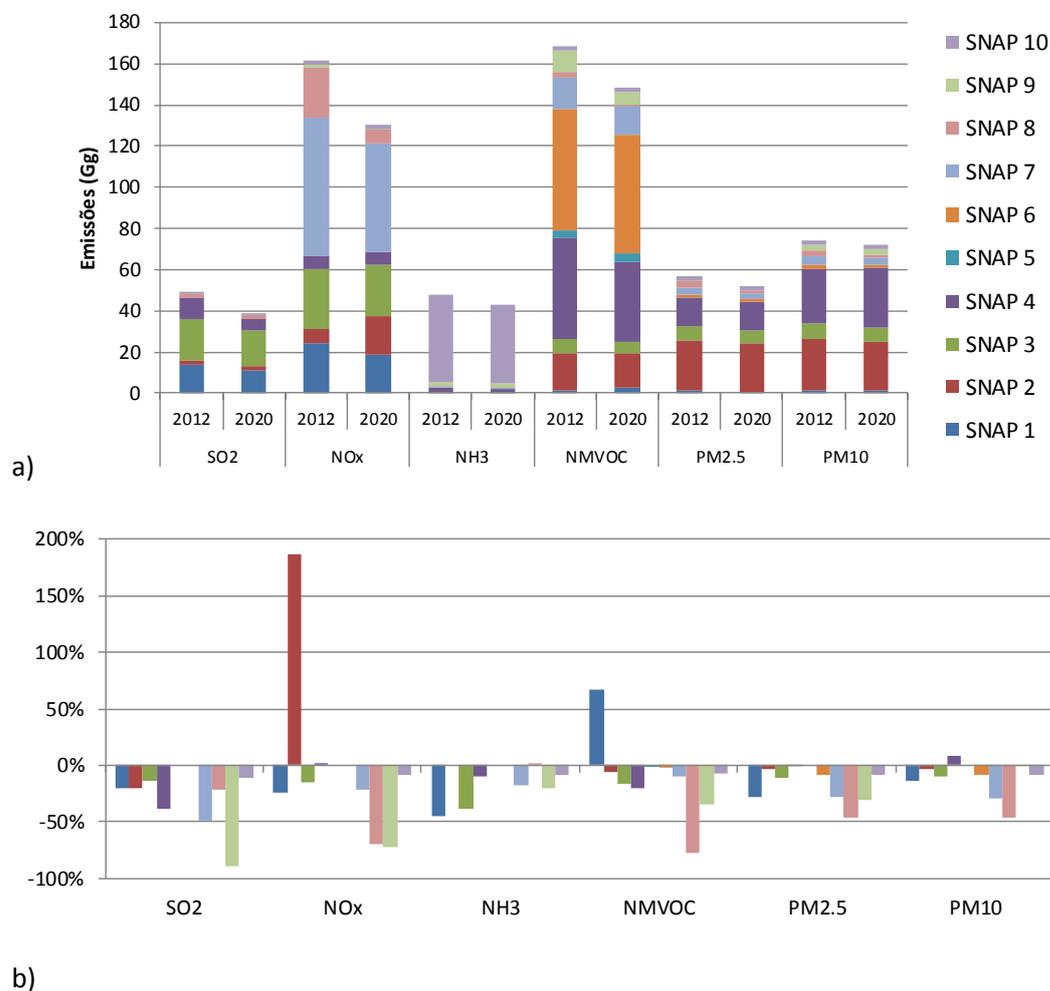
Neste capítulo pretende-se avaliar a qualidade do ar simulada para 2020, tendo por base as projeções de emissões para esta escala temporal, recorrendo ao sistema de modelos WRF-EURAD-IM, com as mesmas condições de aplicação, descritas anteriormente.

Numa primeira fase, prepararam-se os dados de emissões para 2020 (secção 3.3.1), necessários para a modelação da qualidade do ar e seguidamente aplicou-se o sistema de modelação. Os resultados foram comparados com o cenário de referência – 2012 (secção 3.3.2).

#### **3.3.1 Preparação e estimativa dos dados de emissões**

As projeções de emissões para o ano 2020, disponibilizadas por setor de atividade (classificação NFR), para os poluentes óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), amónia (NH<sub>3</sub>), compostos orgânicos voláteis não metânicos (COVNM) e partículas PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>, foram desagregadas espacialmente de forma a serem usadas como dados de entrada ao modelo de qualidade do ar. Assim, e atendendo a que o modelo considera as emissões por atividade SNAP, foi necessário agregar as emissões totais considerando a correspondência NFR-SNAP

(em anexo). A Figura 28 apresenta os resultados obtidos, para cada um dos poluentes, para o ano 2020 e o ano base de 2012.



**Figura 28: Emissões nacionais (em toneladas por ano) para 2012 e projeções para 2020 (a - totais e b - diferenças percentuais entre 2020 e 2012), por setor de atividade SNAP, e para os poluentes considerados**

Os setores da produção de energia e combustão industrial (SNAP 1 e 3) são os que mais contribuem para as emissões de  $SO_2$ , apresentando também uma contribuição importante para as emissões de  $NO_x$ , sendo, o tráfego (SNAP 7) o principal responsável pelas emissões de  $NO_x$  em Portugal. A combustão nos setores residencial e industrial e os processos de produção (SNAP 2, 3 e 4) emitem maioritariamente COVNM,  $PM_{2,5}$  e  $PM_{10}$ . Ainda no que se refere às emissões de COVNM, há a destacar a contribuição do uso de solventes (SNAP 6).

Analisando as diferenças entre as emissões totais de 2012 e as projetadas para 2020 (Figura 28b), verifica-se que as emissões diminuem para a maioria dos poluentes e setores. De referir, no entanto, um aumento, em 2020, das emissões de COVNM no setor de produção de energia, SNAP 1, que engloba as grandes fontes industriais como centrais termoelétricas e refinarias. Observa-se ainda um ligeiro aumento das emissões de  $PM_{10}$  para o SNAP 4.

Para os setores SNAP 2 a 10, fontes em área, as emissões totais, por setor de atividade SNAP e por poluente, para 2020, foram desagregadas considerando a distribuição espacial usada para as emissões de 2012 (ver ponto 1.1). Para os SNAP 2, 3, 6 e 9, considerou-se ainda como fator de desagregação a projeção demográfica para 2020 por NUTIII (desenvolvida no âmbito do projeto de investigação DEMOSPIN (PTDC/CS-DEM/100530/2008)) pelo GETIN – Grupo de Estudos em Território e Inovação do Departamento de Ciências Sociais, Políticas e do Território da Universidade de Aveiro). Na Figura 29 apresentam-se as emissões de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{NH}_3$ , em toneladas por célula de simulação, obtidas para 2012 e 2020.

Para o SNAP 1, fontes pontuais, utilizou-se, para a desagregação das emissões para 2020, a mesma distribuição das emissões por fonte das simulações de 2012. Os resultados, apresentados na

Figura 30, evidenciam a redução de  $\text{NO}_x$  em algumas fontes, em linha com o observado na Figura 28b. As emissões do SNAP 1 foram associadas a cada uma das células do domínio de simulação coincidentes com a localização de cada fonte.

Os mapas da Figura 31 representam os poluentes e setores para os quais ocorrem as maiores diferenças entre 2012 e 2020 –  $\text{NO}_x$  para os SNAP 2, 7 e 8 e  $\text{NH}_3$  para o SNAP 3.

Em termos de diferença percentual entre 2012 e 2020, o SNAP 9 também se destaca na Figura 28b. No entanto, não são apresentados os mapas para esse setor uma vez que a sua contribuição absoluta para as emissões totais dos poluentes considerados é muito baixa.

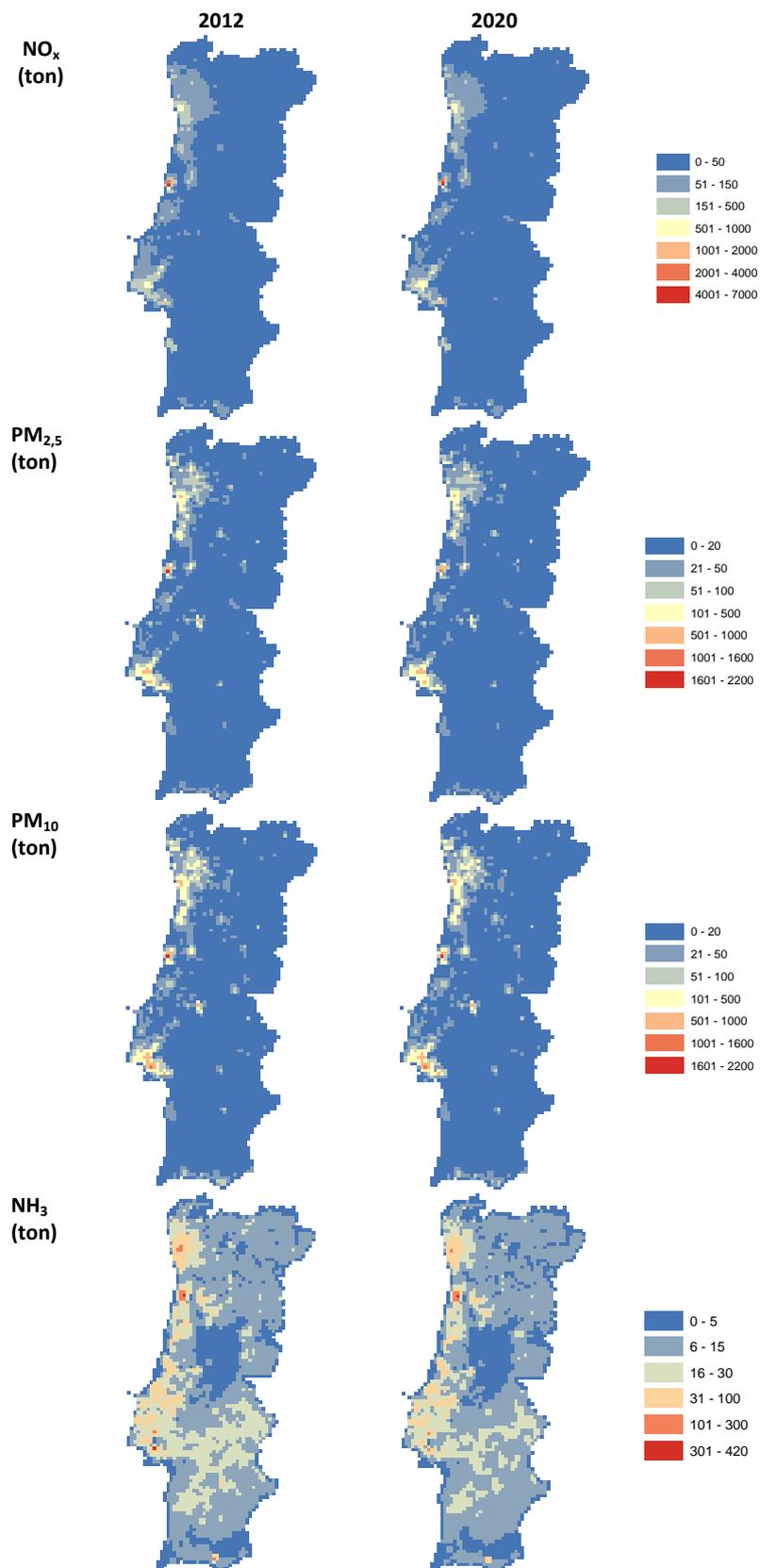
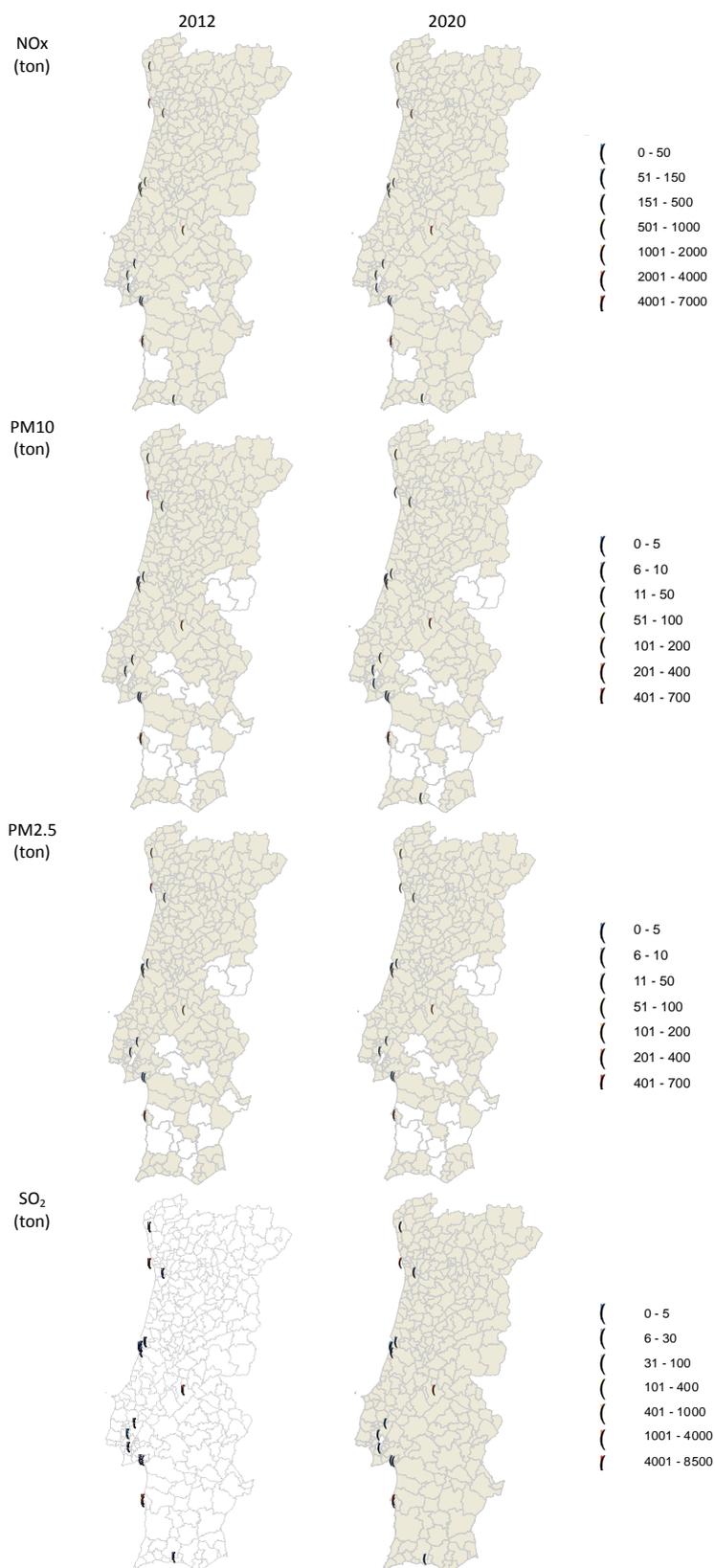


Figura 29: Distribuição espacial das emissões totais em área (ton,ano-1) de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{NH}_3$  dos SNAP 2 a 10 na grelha do domínio de simulação, para 2012 e 2020



**Figura 30: Emissões (ton,ano-1) associadas às fontes pontuais do SNAP 1 para os anos de 2012 e 2020 e para os poluentes NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> e SO<sub>2</sub>**

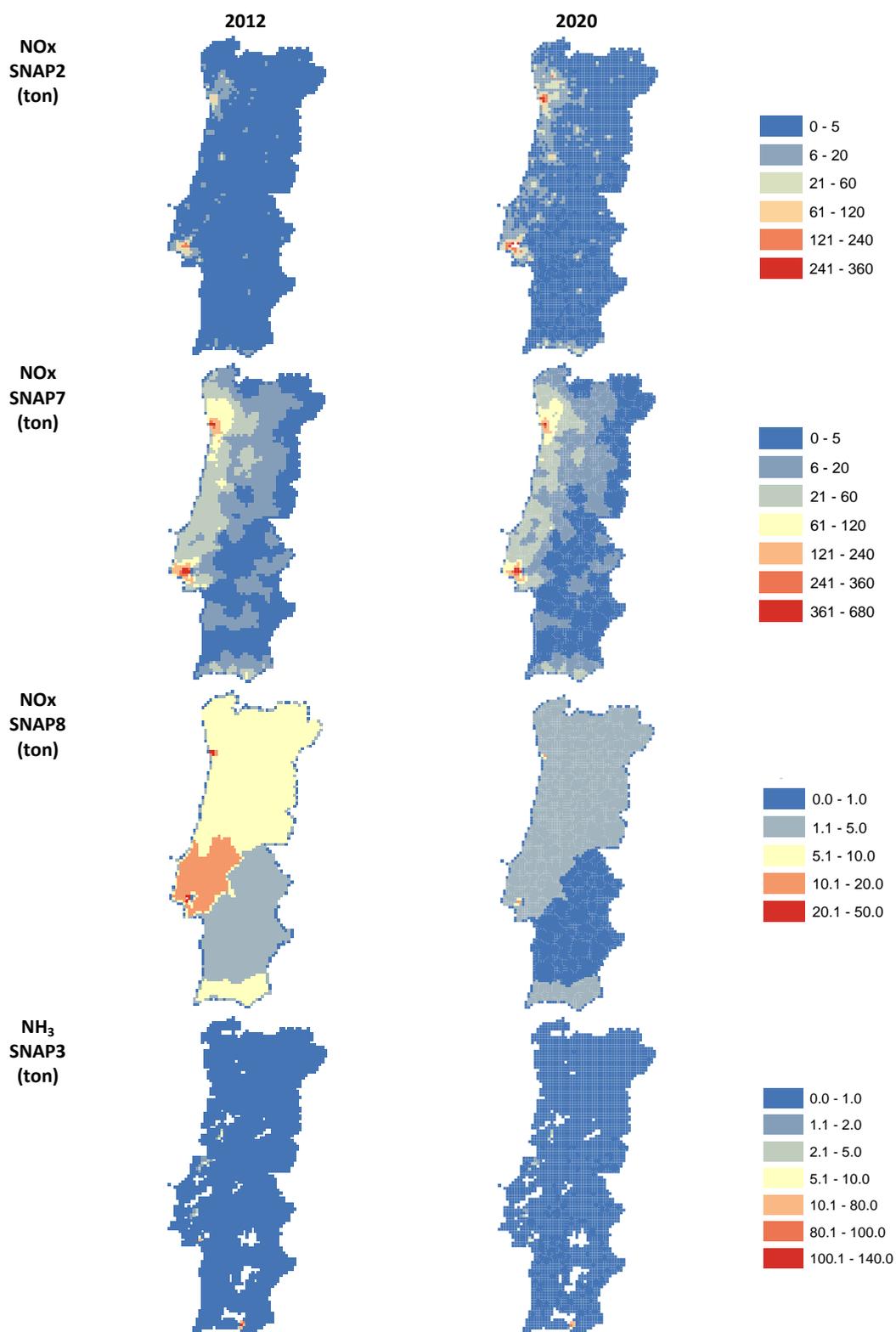


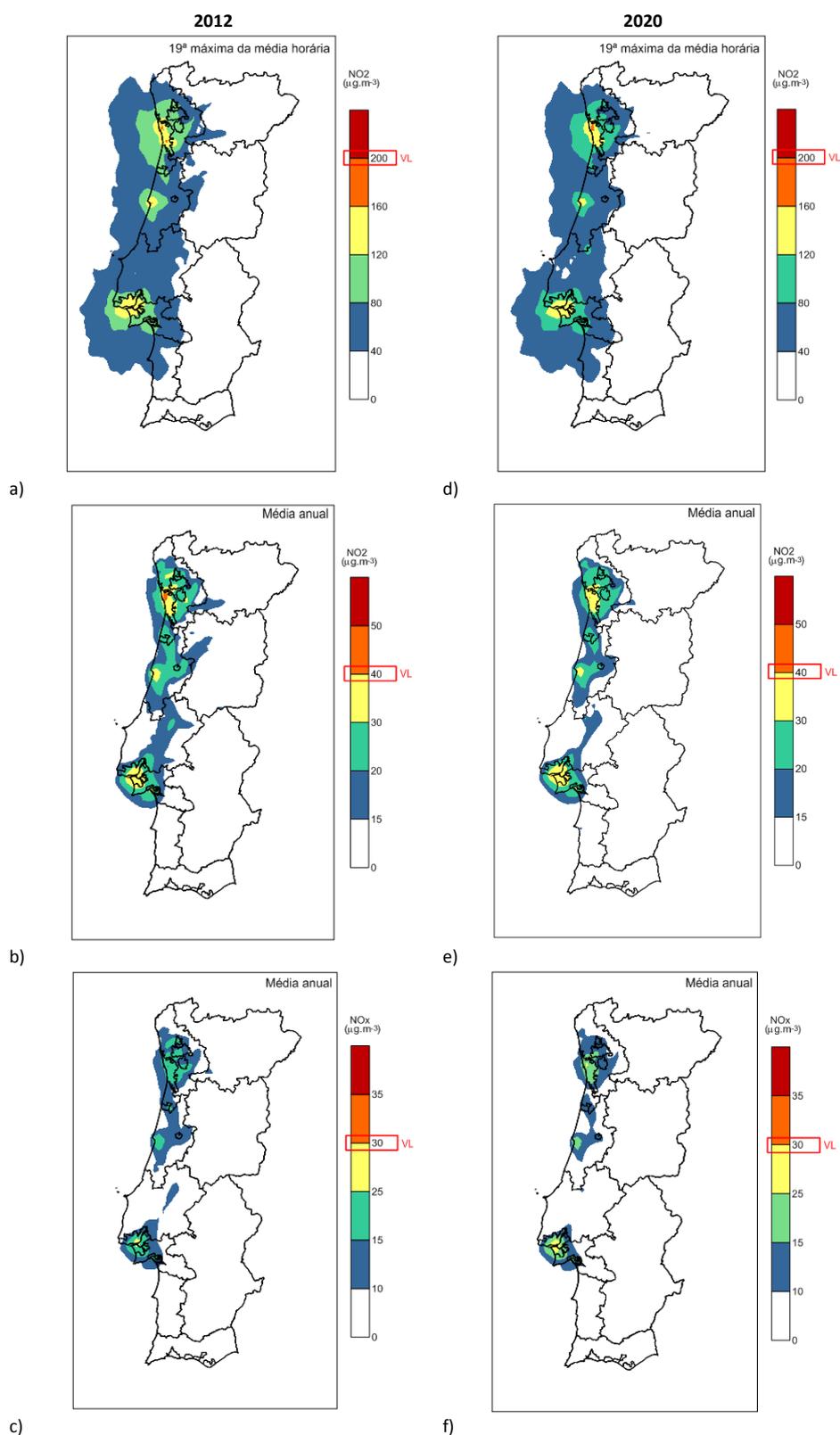
Figura 31: Distribuição espacial das emissões (em toneladas por ano) dos poluentes e setores para os quais se verificam as maiores diferenças entre 2012 e 2020 – NO<sub>x</sub> para os SNAP 2, 7 e 8 e NH<sub>3</sub> para o SNAP 3, na grelha do domínio de simulação

### 3.3.2 Avaliação da qualidade do ar para 2020

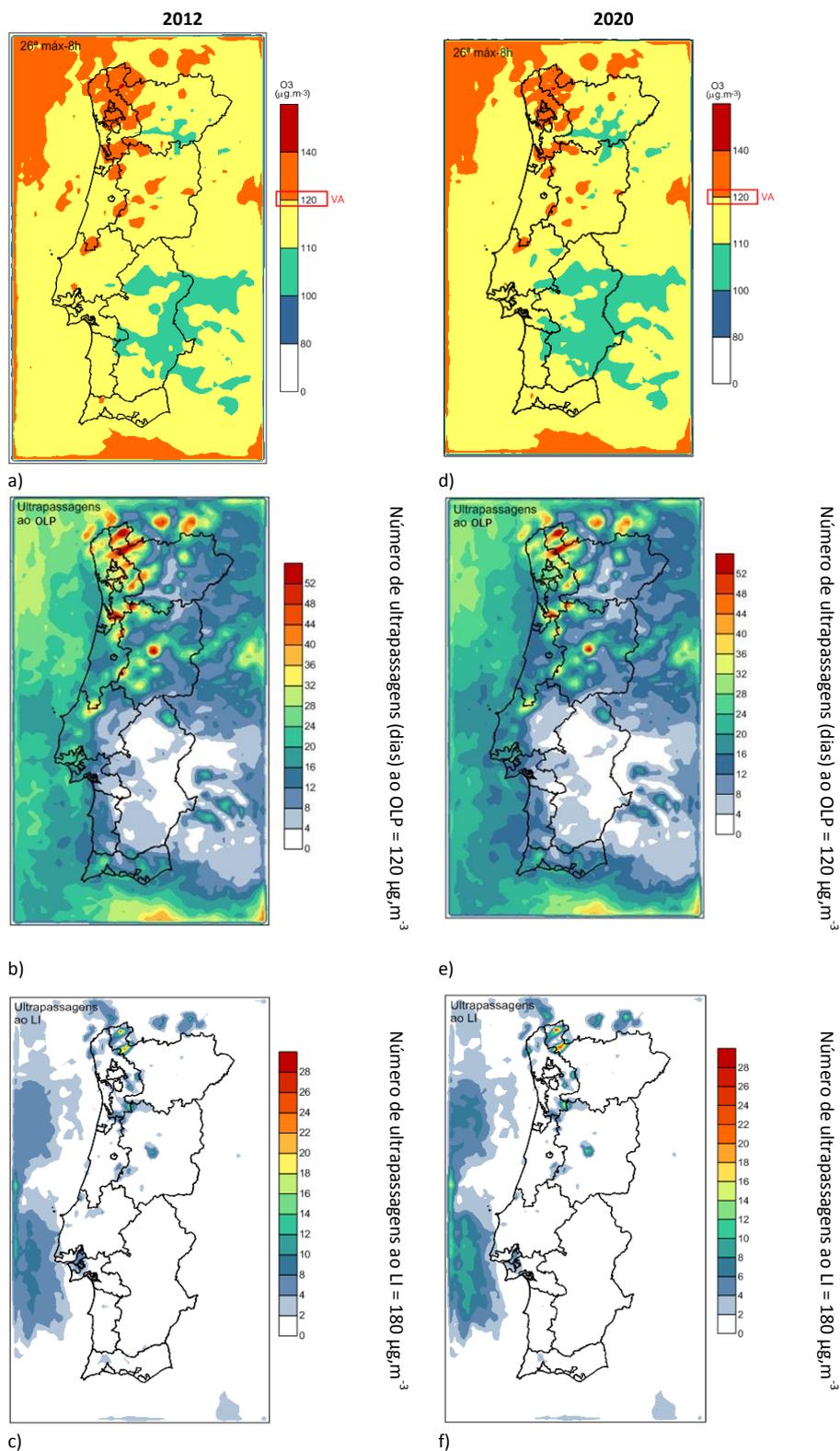
À semelhança do que foi feito para 2012, o sistema de modelação WRF-EURAD-IM foi usado para avaliar o impacto das emissões previstas para 2020 na qualidade do ar. Simularam-se os mesmos poluentes, com a mesma resolução temporal e espacial e considerando as condições meteorológicas do ano de referência (2012), de modo a poder comparar diretamente os resultados para estes dois períodos (2012 e 2020).

A análise dos resultados obtidos incidu sobre os poluentes com níveis mais elevados – NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, PM e SO<sub>2</sub> – permitindo antever os níveis de concentração em 2020, as zonas mais problemáticas e o cumprimento dos valores estabelecidos. De seguida apresentam-se os resultados obtidos na simulação numérica para o cenário de 2020, juntamente com os resultados para 2012 (secção 3.2), para uma mais fácil e imediata comparação.

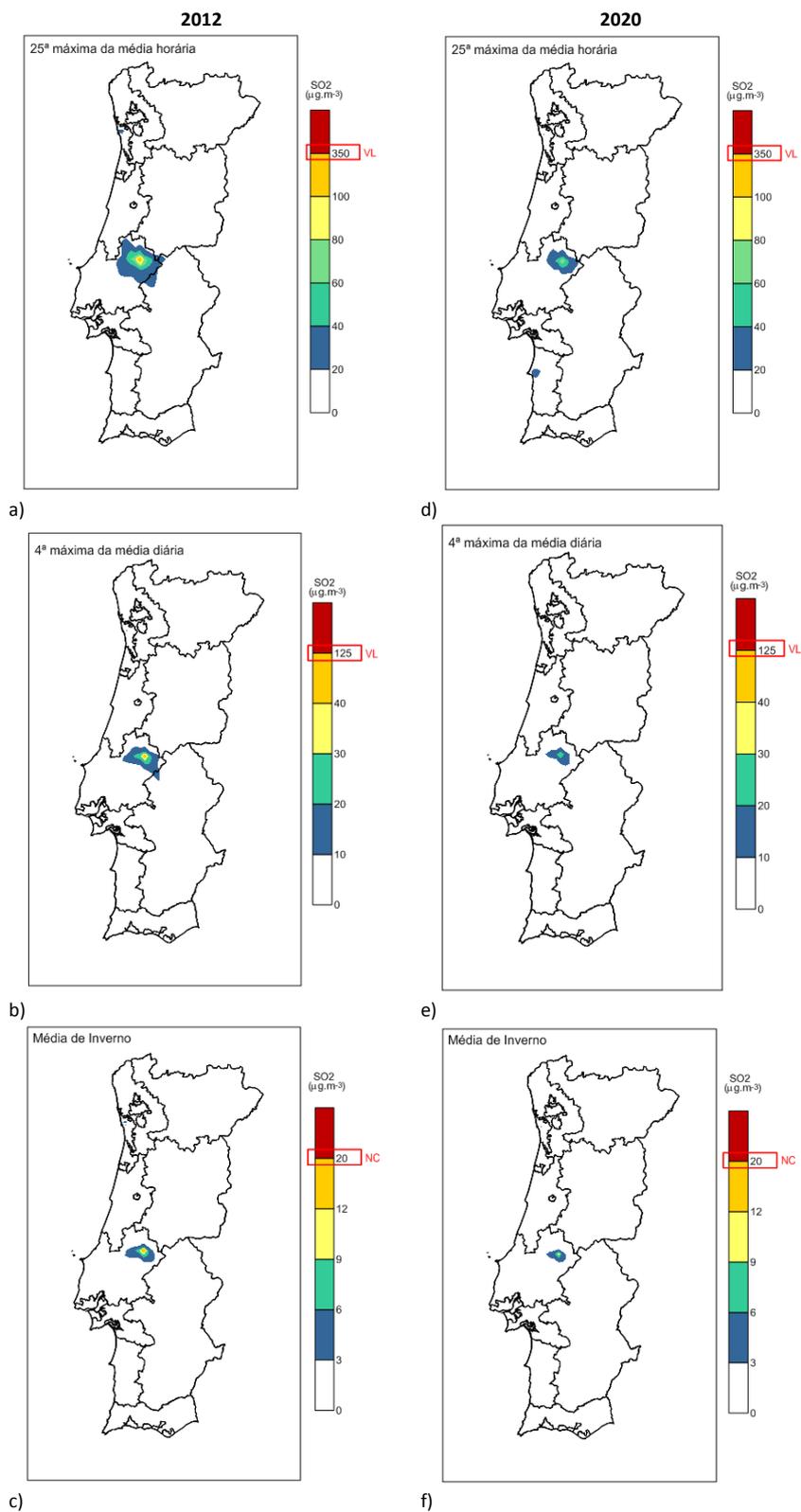
Da Figura 32 à Figura 36 mostram os resultados da modelação para NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>, para 2012 (referência) e 2020. A representação gráfica segue os parâmetros legislados (Tabela 1).



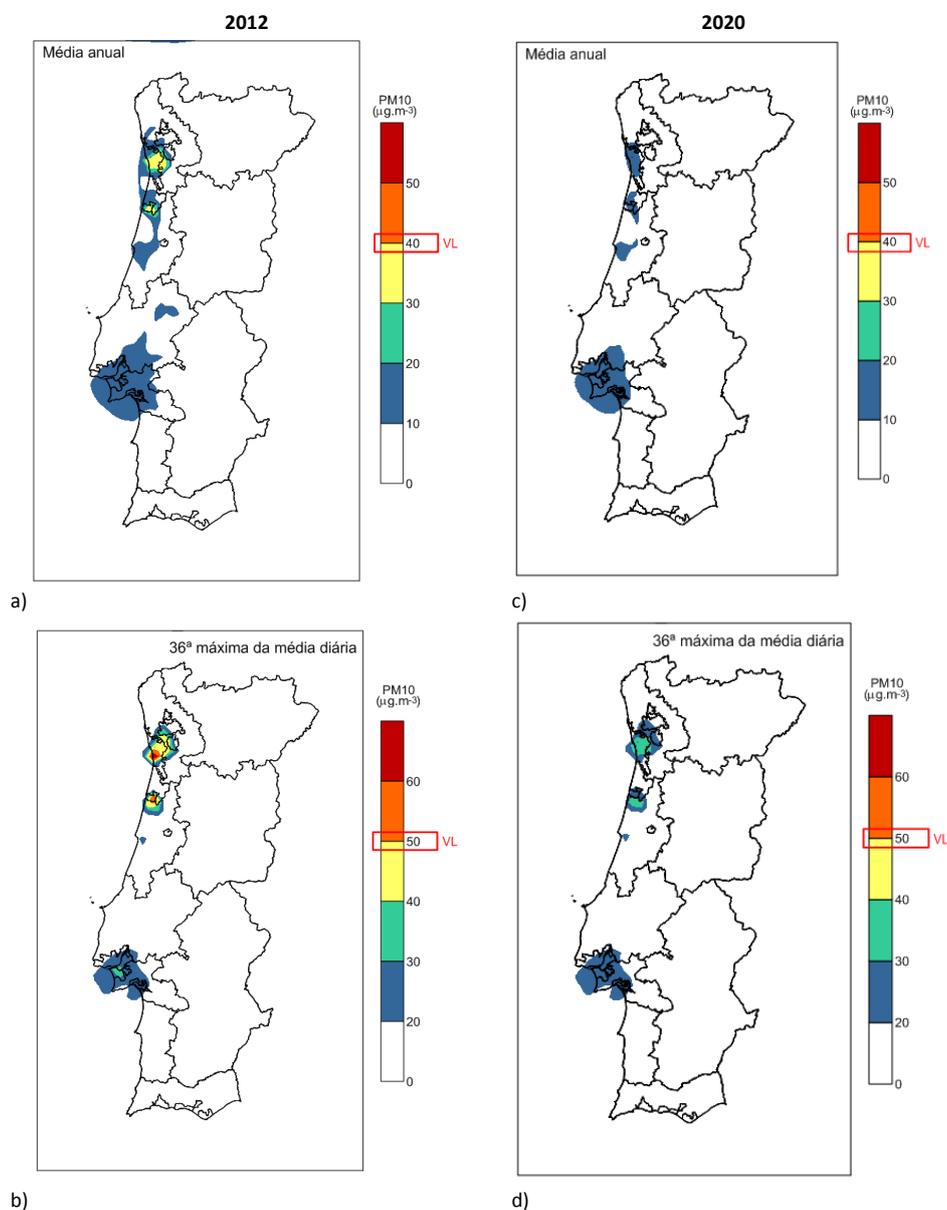
**Figura 32: Campos de concentração de NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>: a) 19ª máxima média horária referente a 2012; b) média anual NO<sub>2</sub> referente a 2012; c) média anual NO<sub>x</sub> referente a 2012; d) 19ª máxima média horária referente a 2020; e) média anual NO<sub>2</sub> referente a 2020; e) f) média anual NO<sub>x</sub> referente a 2020**



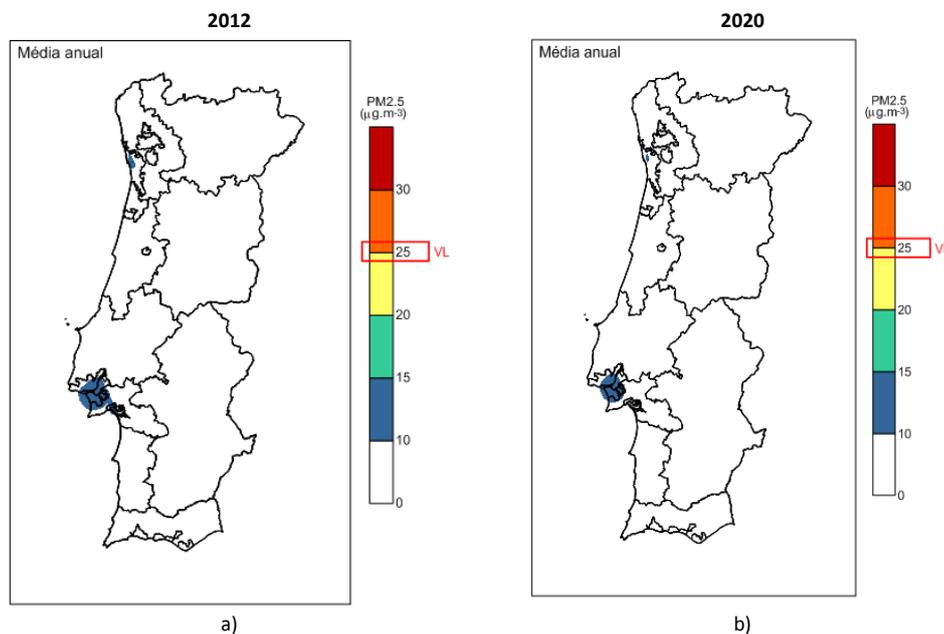
**Figura 33: Resultados da modelação para O<sub>3</sub>: a) 26<sup>a</sup> concentração max-8h relativa a 2012; b) número de dias com ultrapassagens ao OLP relativas a 2012; c) número de ultrapassagens ao LI relativas a 2012; d) 26<sup>a</sup> concentração max-8h relativa a 2020; e) número de dias com ultrapassagens ao VA relativas a 2020; e) número de dias com ultrapassagens ao OLP = 120 µg.m<sup>-3</sup> relativas a 2020; e) número de ultrapassagens ao LI = 180 µg.m<sup>-3</sup> relativas a 2020**



**Figura 34: Campos de concentração de SO<sub>2</sub>: a) 25ª máxima média horária referente a 2012; b) 4ª máxima média diária referente a 2012; c) média de Inverno referente a 2012; d) 25ª máxima média horária referente a 2020; e) 4ª máxima média diária referente a 2020; e f) média de Inverno referente a 2020**



**Figura 35: Campos de concentração de PM<sub>10</sub>: a) média anual relativa a 2012; b) 36ª máxima média diária relativa a 2012, c) média anual relativa a 2020 e d) 36ª máxima média diária relativa a 2020**



**Figura 36. Campos de concentração referentes à média anual de PM<sub>2,5</sub>: a) para 2012 e b) para 2020**

Relativamente ao NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (Figura 32), os resultados da modelação para o cenário 2020 indicam que não haverá diferenças a salientar face a 2012, existindo apenas uma ligeira redução da média anual na região do Porto Litoral de cerca de 15 % (6,8 µg.m<sup>-3</sup>). Estes resultados refletem, de algum modo, a reduzida mitigação das emissões totais deste poluente. De facto, a elevada taxa de redução para a maioria dos setores é compensada pela quase triplicação das emissões do SNAP2 projetadas para 2020 (Figura 28).

Os mapas de concentração de O<sub>3</sub>, da Figura 33, também mostram padrões e magnitudes de concentração idênticas entre 2012 e 2020. Provavelmente para que exista mitigação deste poluente secundário, particularmente importante face às excedências atuais, serão necessárias medidas mais eficazes de redução das emissões dos seus compostos precursores.

Ao contrário dos poluentes anteriores, os resultados para 2020 apontam para uma clara redução das concentrações de SO<sub>2</sub> (Figura 34), relativamente à região onde os seus valores eram mais elevados, o que está de acordo com a diminuição de emissões esperada para as fontes emissoras industriais (em área, SNAP 3).

Em relação às partículas, em particular as PM<sub>10</sub> (Figura 35), os resultados indiciam para 2020, uma redução dos níveis de concentração, quer no que diz respeito a valores de longo termo (média anual), quer de curto prazo (médias diárias), face a 2012, prevendo-se o cumprimento do valor limite diário (em incumprimento no cenário de referência atual). Esta redução é notória nas áreas urbanas do Porto e Lisboa, onde este poluente regista os valores mais elevados de concentração.

No que se refere às PM<sub>2,5</sub> (Figura 36), não serão exetáveis, em 2020, valores muito diferentes dos simulados para 2012.

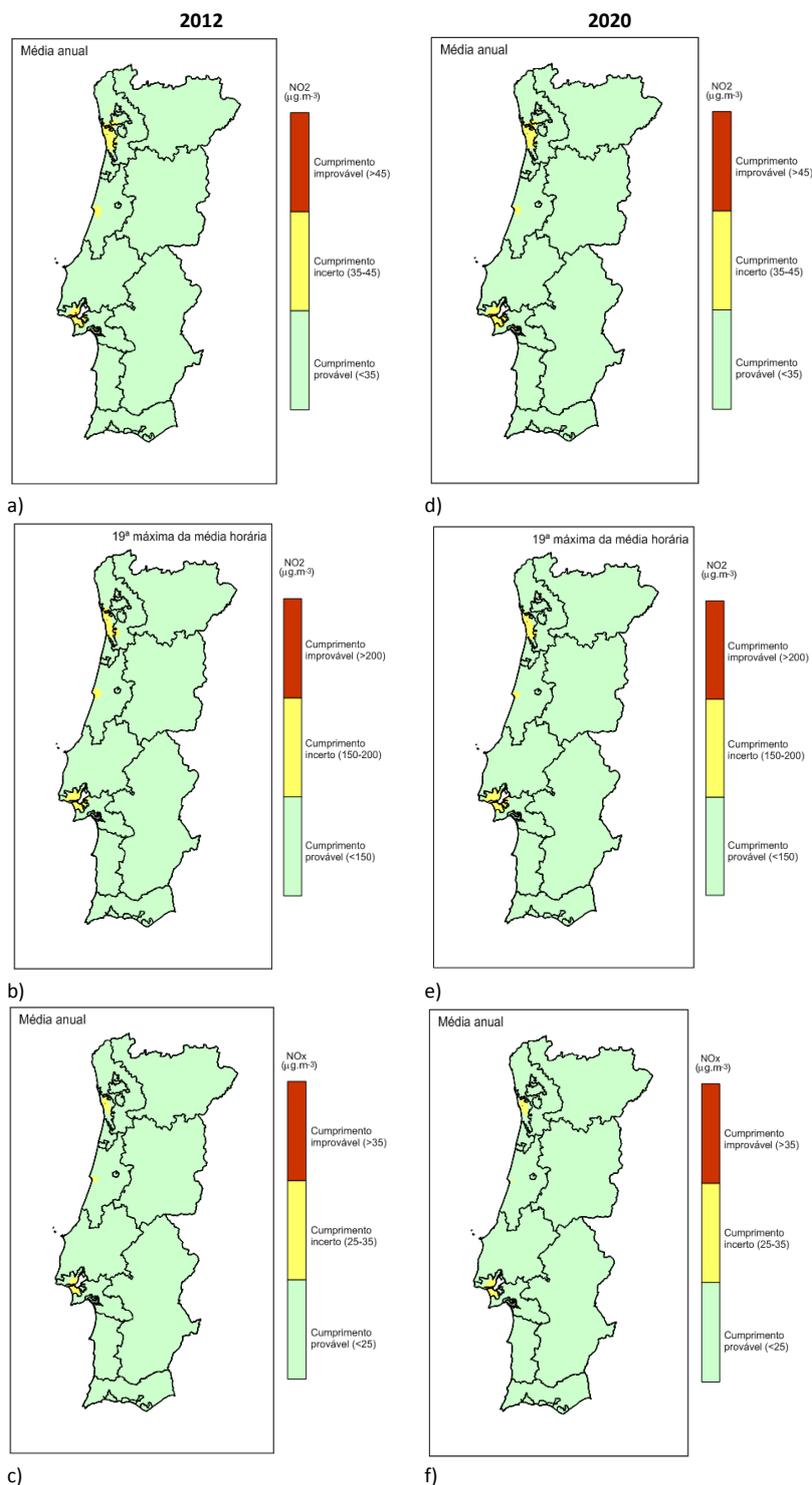
De modo a uma mais fácil interpretação do cumprimento da legislação vigente, para os cenários referência (2012) e futuro (2020), representaram-se graficamente os resultados

obtidos com base na abordagem constante do Relatório “Impact Assessment” da Comissão Europeia (CE, 2014), que classifica os níveis de concentração de poluentes em 3 classes distintas, de acordo com o cumprimento da legislação: provável, incerto e improvável.

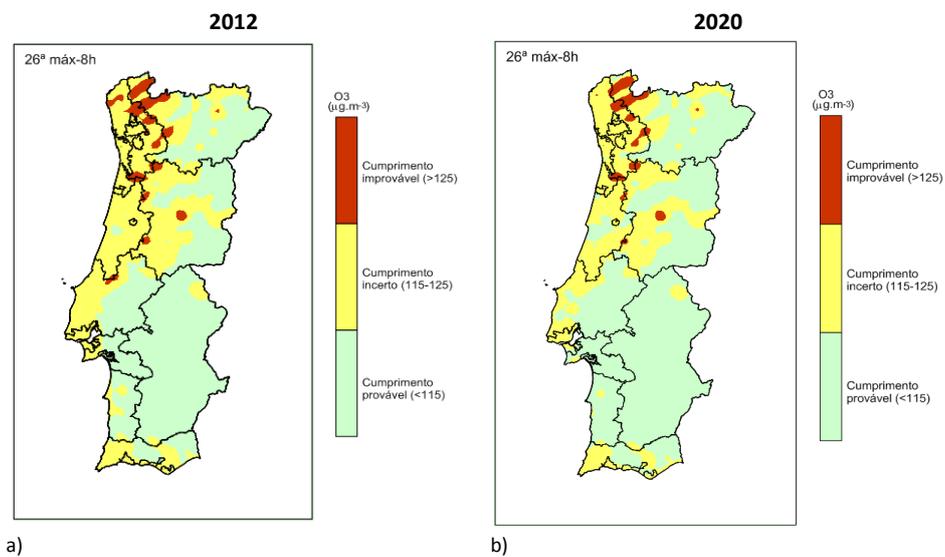
Da Figura 37 à Figura 41 apresentam-se os referidos mapas para os poluentes em análise:  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2,5}$  e  $\text{SO}_2$ .

Os resultados apresentados confirmam a análise anterior, nomeadamente:

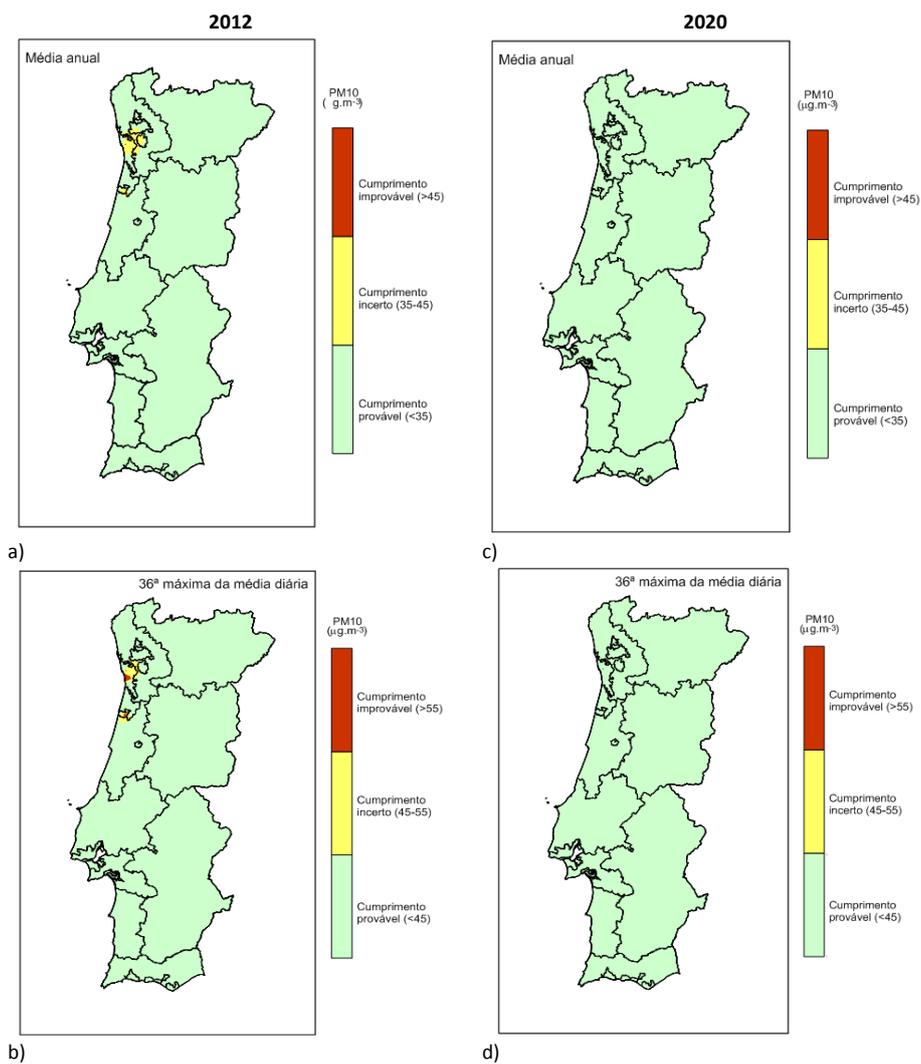
- O **cumprimento incerto** previsto para o  $\text{NO}_2$  nas áreas urbanas do Porto e Lisboa, uma vez que os valores de concentração simulados são bastante próximos dos valores limite legislados, quer para o cenário atual (2012), quer futuro (2020) (Figura 37);
- O **cumprimento improvável**, previsto para o  $\text{O}_3$ , em algumas áreas localizadas no interior norte de Portugal (Figura 38) é justificado pelas ultrapassagens do valor alvo, simuladas para estes locais, Relativamente ao restante território, o **cumprimento da legislação é provável ou incerto**;
- O **cumprimento incerto** para  $\text{PM}_{10}$  na área urbana do Porto relativamente a 2012 e **provável** para 2020, devido à redução de emissões esperada (Figura 39);
- O **cumprimento provável** para todo o território no que diz respeito a  $\text{PM}_{2,5}$  (Figura 40) e  $\text{SO}_2$  (Figura 41) para ambos os cenários (presente e futuro).



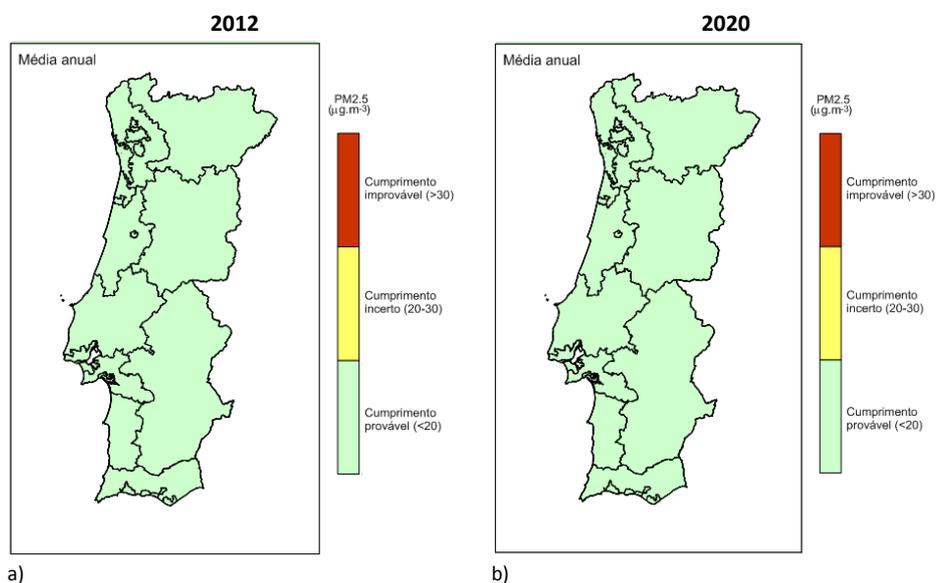
**Figura 37: Cumprimento dos valores limite de NO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>: a) 19ª máxima média horária referente a 2012; b) média anual de NO<sub>2</sub> referente a 2012; c) média anual de NO<sub>x</sub> referentes a 2012; d) 19ª máxima média horária referente a 2020; e) média anual de NO<sub>2</sub> referente a 2020; e f) média anual de NO<sub>x</sub> referente a 2020**



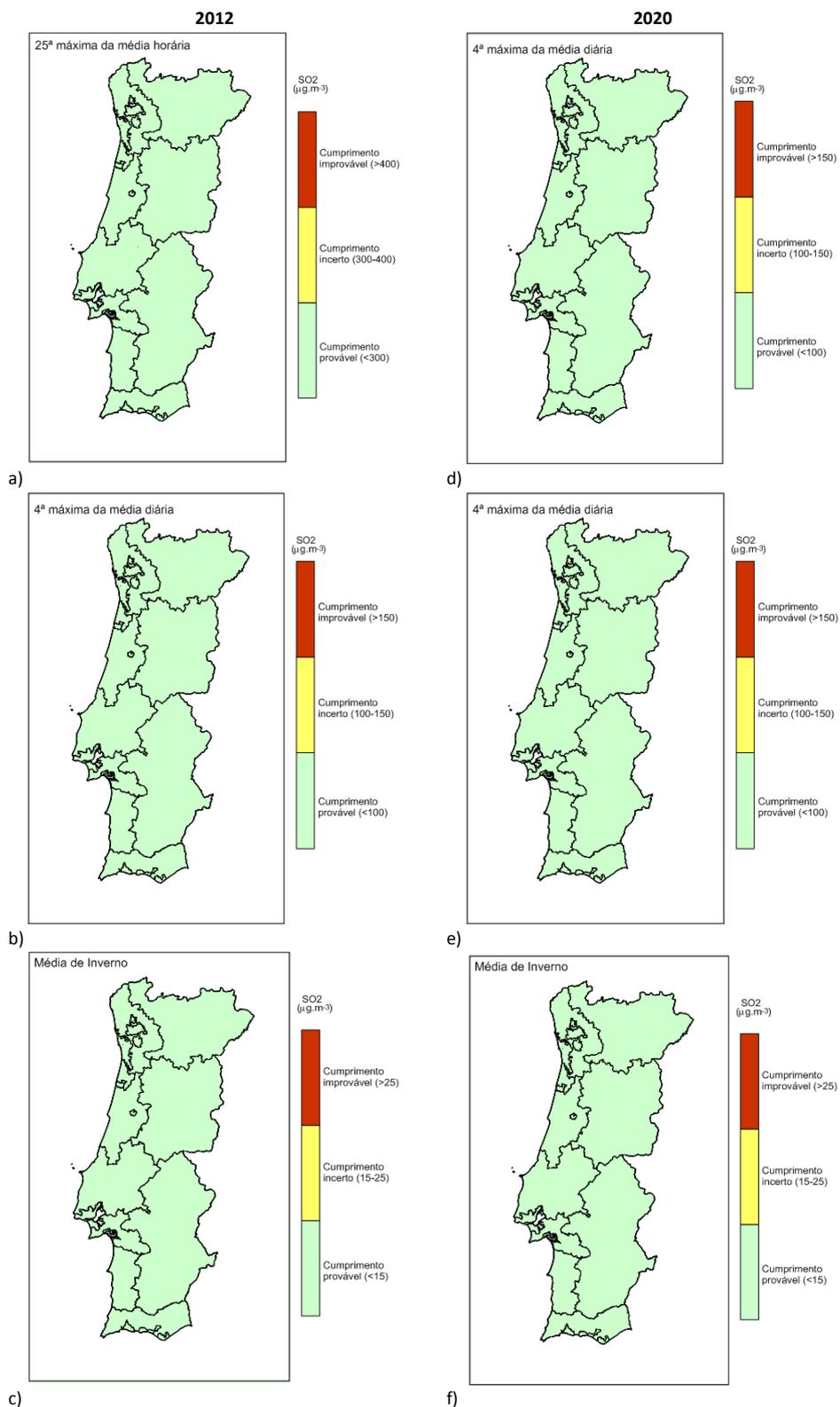
**Figura 38. Cumprimento do valor alvo de Ozono: a) para 2012 e b) para 2020**



**Figura 39. Cumprimento dos valores limite de  $PM_{10}$ : a) média anual relativa a 2012; b) 36ª máxima média diária relativa a 2012, c) média anual relativa a 2020; d) 36ª máxima média diária relativa a 2020**



**Figura 40: Cumprimento dos valores limite de  $PM_{2,5}$ : a) para 2012 e b) para 2020**



**Figura 41: Cumprimento dos valores limite de SO<sub>2</sub>: a) 25ª máxima média horária referente a 2012; b) 4ª máxima média diária referente a 2012; c) média de Inverno referente a 2012; d) 25ª máxima média horária referente a 2020; e) 4ª máxima média diária referente a 2020; e f) média de Inverno referente a 2020**

# 4



## Apreciação global

As projeções de emissões de poluentes atmosféricos efetuadas para 2020 indicam, para todos os poluentes analisados, uma redução substancial nas emissões para 2015 e 2020 quando comparadas com 2005, encontrando-se em linha com os objetivos de redução estipulados, no âmbito da Convenção sobre Poluição Atmosférica Transfronteiras a Longa Distância (CLRTAP), para 2020.

Assim, com base nos resultados obtidos é expectável o cumprimento dos tetos de emissão nacionais estabelecidos no âmbito da revisão do Protocolo de Gotemburgo (PG) da CLRTAP, prevendo-se para os poluentes  $SO_2$ ,  $NO_x$  e COVNM valores inferiores aos fixados, o que providencia uma margem para o seu cumprimento. Para os poluentes  $PM_{2,5}$  e  $NH_3$  a proximidade das estimativas nacionais com os valores do PG sugere uma particular prudência em relação à sua evolução.

Esta prudência será tanto maior quando observamos os resultados do exercício de cenarização efetuado para 2030, os quais apontam para valores de  $NO_x$ , COVNM,  $PM_{2,5}$  e  $CH_4$ , bastante superiores aos constantes na proposta de revisão da Diretiva Tetos, atualmente em negociação.

Em termos das concentrações de poluentes atmosféricos no ar ambiente, os resultados apresentados mostram que, se toda a legislação existente e as medidas aprovadas até 2013 forem implementadas, ocorrerá, em 2020, uma melhoria da qualidade do ar, nomeadamente no que diz respeito às partículas em suspensão. No entanto estas medidas não serão suficientes para garantir o cumprimento dos valores estipulados para o  $NO_2$  (sobretudo nas grandes zonas urbanas) e para o  $O_3$ .



## Referências bibliográficas

- Ackermann, I. J., Hass, H., Memmesheimer, M., Ebel, A., Binkowski, F.S., Shankar, U. (1998) MADE: Modal Aerosol Dynamics Model for Europe; development and first applications, *Atmos. Environ.*, 32, 2981-2999.
- ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie - Direction de l'Air et des Transports Coordination technique de la surveillance de la qualité de l'air), 2002. *Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air*, ADEME Éditions, Paris.
- APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2011). Emissões de Poluentes Atmosféricos por Concelho 2009: Gases acidificantes e eutrofizantes, precursores de ozono, partículas, metais pesados e gases com efeito de estufa. Agência Portuguesa do Ambiente (Ed.), Amadora, Novembro 2011.
- APA - Agência Portuguesa do Ambiente, 2013a. *Portuguese Informative Inventory Report 1990 – 2011 - Submitted under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*. Amadora, Maio de 2013.
- APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2013b). *Relatório do Estado do Ambiente 2013*. Amadora, Maio de 2013.
- APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2014). *Portuguese Informative Inventory Report, 1990 – 2012, Submitted under the UNECE - Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*, Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora, Março 2014.
- Borrego, C., Monteiro, A., Pay, M.T., Ribeiro, I., Miranda, A.I., Basart, S., Baldasano, J.M. (2011). *How bias-correction can improve air quality forecast over Portugal*. *Atmospheric Environment*, 45, 6629-6641.
- CE - Comissão Europeia (2002). *Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/EC for the European Commission*, DG Environment.
- CE - Comissão Europeia (2013). *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending (Directive 2003/35/EC)*, Com(2013)920 final.

- CE - Comissão Europeia (2014). *Commission Staff Working Document Impact Assessment*, SWD (2013)531, Brussels, 2014.
- DGA – Direção Geral do Ambiente, DCEA-FCT/UNL – Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. (2001) *Delimitação de zonas e aglomerações para avaliação da qualidade do ar em Portugal*, Direcção-Geral do Ambiente, Alfragide, ISBN: 972-8419-70-8.
- Elbern, H., Strunk, A., Schmidt, H. and Talagrand, O. (2007) *Emission Rate and Chemical State Estimation by 4-Dimensional Variational Inversion*, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 3749-3769.
- ETC/ACC (W.J.A Mol, P.R. van Hooydonk, F.A.A.M. de Leeuw), 2010. *ETC/ACC Technical paper 2010/1 The state of the air quality in 2008 and the European exchange of monitoring information in 2009*, Bilthoven, The Netherlands.
- EUROCONTROL (2013) European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), 2013. *Challenges of Growth 2013 - Task 4: European Air Traffic in 2035*. Junho de 2013.
- EEA (2014). *NEC Directive status report 2013. Reporting by Member States under Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants*. European Environmental Agency Copenhagen, Denmark.
- Horowitz, L., Walters, S., Mauzeralles, D., Emmonds, L., Rash, P., Granier, C., Tie, X., Lamarque, J., Schultz, M., Tyndall, G., Orlando, J., Brasseur, G. (2003). *A global simulation of tropospheric ozone and related tracers: Description and evaluation of MOZART, version 2*. *Journal of Geophysical Research*, 108 (D24), 4784.
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) (2014). *The Final Policy Scenarios of EU Clean Air Policy Package TSAP Report #11 Version 1.0*, Service Contract on Monitoring and Assessment of Sectorial Implementation Actions (070307/2011/599257/SER/C3), Ed.: Markus Amann, February 2014
- Miranda A.I., Borrego C., Monteiro A., Ribeiro I., Gama C., Fernandes A.P., Marques F., Lopes D. (2013a). *Avaliação da qualidade do ar para efeitos de reporting à Comissão Europeia – 2012 & outros desenvolvimentos*. Protocolo APA/UA 2011-2013, Avaliação e previsão da qualidade do ar em Portugal – R4. Universidade de Aveiro. AMB-QA-03/2013, 102.
- Miranda A.I., Monteiro A., Martins H., Ribeiro I., Gama C., Lopes D. (2013b). *Implementação e avaliação de ferramentas de validação de modelos de Qualidade do Ar (DELTA Tool do FAIRMODE)*. Protocolo APA/UA 2013. Universidade de Aveiro. AMB-QA-04/2013, 45.
- Miranda A.I., Monteiro A., Martins H., Ferreira, F., Ribeiro, I., Gama C. (2014). *Prestação de serviços à FCT/UNL. Estudo do impacte da amónia e metano nas concentrações de partículas e ozono - Apoio à elaboração de uma Estratégia Nacional para o Ar para o período 2014 – 2020*.

- Monteiro, A., Miranda, A. I., Borrego, C., Vautard, R., Ferreira, J., Perez, A. T. (2007). *Long-term assessment of particulate matter using CHIMERE model*. Atmospheric Environment, 41, 7726-7738.
- Monteiro, A., Ribeiro, I., Tchepel, O., Sá, E., Ferreira, J., Carvalho, A., Martins, V., Strunk, A., Galmarini, S., Elbern H., Schaap, M., Builtjes, P., Miranda, A.I., Borrego, C. (2013). *BIAS correction techniques to improve air quality ensemble predictions: focus on O<sub>3</sub> and PM over Portugal*. Environmental Modelling & Assessment 18 (5), 533-546.
- Pleijel H Ed., 2009. *Air pollution & climate change. Two sides of the same coin?* Stockholm, Swedish Environmental Protection Agency.
- Schmidt, H., Derognat, C., Vautard, R., Beekmann, M. (2001). *A comparison of simulated and observed ozone mixing ratios for the summer of 1998 in Western Europe*. Atmospheric Environment, 35, 2449 – 2461.
- Skamarock, W.C., Klemp, J.B. (2008) *A time-split nonhydrostatic atmospheric model for weather research and forecasting applications*. Journal of Computational Physics, vol 227, 3, 3465–3485.
- Strunk, A., Ebel, A., Elbern, H., Friese, E., Goris, N., Nieradzic, L.P. (2010). *Four-dimensional variational assimilation of atmospheric chemical data - application to regional modelling of air quality*, in: Lecture Notes in Computer Science (LNCS), 5910, 222–229, Springer.
- Vestreng, V., Mareckova, K., Kakareka, S., Malchykhina, A. and Kukharchyk, T., 2007. MSC-W Technical Report 1/2007. *'Inventory Review 2007; Emission Data reported to LRTAP Convention and NEC Directive'*.
- WHO/Europe - World Health Organization, 2013. *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project*, Technical Report, WHO European Centre for Environment and Health, Bonn and WHO Regional Office for Europe, Denmark.



## Anexo

## Anexo I. Correspondência entre os códigos NFR e os setores de atividade SNAP

SNAP Sector	NFR code
SNAP 1	1 A 1 a Public Electricity and Heat Production
SNAP 1	1 A 1 b Petroleum refining
SNAP 1	1 A 1 c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries
SNAP 3	1 A 2 a Stationary Combustion in Manufacturing Industries and Construction: Iron and Steel
SNAP 3	1 A 2 b Stationary Combustion in Manufacturing Industries and Construction: Non-ferrous Metals
SNAP 3	1 A 2 c Stationary Combustion in Manufacturing Industries and Construction: Chemicals
SNAP 3	1 A 2 d Stationary Combustion in Manufacturing Industries and Construction: Pulp, Paper and Print
SNAP 3	1 A 2 e Stationary Combustion in Manufacturing Industries and Construction: Food Processing, Beverages and Tobacco
SNAP 3	1 A 2 f i Stationary Combustion in Manufacturing Industries and Construction: Other (Please specify in your IIR)
SNAP 8	1 A 2 f ii Mobile Combustion in Manufacturing Industries and Construction: (Please specify in your IIR)
SNAP 8	1 A 3 a ii (i) Civil Aviation (Domestic, LTO)
SNAP 8	1 A 3 a i (i) International Aviation (LTO)
SNAP 7	1 A 3 b i Road Transport:, Passenger cars
SNAP 7	1 A 3 b ii Road Transport:, Light duty vehicles
SNAP 7	1 A 3 b iii Road Transport:, Heavy duty vehicles
SNAP 7	1 A 3 b iv Road Transport:, Mopeds & Motorcycles
SNAP 7	1 A 3 b v Road Transport:, Gasoline evaporation
SNAP 7	1 A 3 b vi Road Transport:, Automobile tyre and brake wear
SNAP 7	1 A 3 b vii Road Transport:, Automobile road abrasion
SNAP 8	1 A 3 c Railways
SNAP 8	1 A 3 d i (ii) International inland waterways
SNAP 8	1 A 3 d ii National Navigation (Shipping)
SNAP 1	1 A 3 e Pipeline compressors
SNAP 2	1 A 4 a i Commercial / Institutional: Stationary
SNAP 8	1 A 4 a ii Commercial / Institutional: Mobile
SNAP 2	1 A 4 b i Residential: Stationary plants
SNAP 8	1 A 4 b ii Residential: Household and gardening (mobile)
SNAP 2	1 A 4 c i Agriculture/Forestry/Fishing: Stationary
SNAP 8	1 A 4 c ii Agriculture/Forestry/Fishing: Off-road Vehicles and Other Machinery
SNAP 8	1 A 4 c iii Agriculture/Forestry/Fishing: National Fishing
SNAP 2	1 A 5 a Other, Stationary (including Military)
SNAP 8	1 A 5 b Other, Mobile (Including military, land based and recreational boats)
SNAP 5	1 B 1 a Fugitive emission from Solid Fuels: Coal Mining and Handling
SNAP 4	1 B 1 b Fugitive emission from Solid Fuels: Solid fuel transformation
SNAP 5	1 B 1 c Other fugitive emissions from solid fuels
SNAP 5	1 B 2 a i Exploration Production, Transport
SNAP 1	1 B 2 a iv Refining / Storage
SNAP 5	1 B 2 a v Distribution of oil products
SNAP 5	1 B 2 b Natural gas
SNAP 9	1 B 2 c Venting and flaring
SNAP 5	1 B 3 Other fugitive emissions from geothermal energy production , peat and other energy extraction not included in 1 B 2
SNAP 4	2 A 1 Cement Production
SNAP 4	2 A 2 Lime Production
SNAP 4	2 A 3 Limestone and Dolomite Use
SNAP 4	2 A 4 Soda Ash Production and use
SNAP 4	2 A 5 Asphalt Roofing

SNAP 4	2 A 6 Road Paving with Asphalt
SNAP 5	2 A 7 a Quarrying and mining of minerals other than coal
SNAP 4	2 A 7 b Construction and demolition
SNAP 4	2A 7 c Storage, handling and transport of mineral products
SNAP 4	2 A 7 d Other Mineral products (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 4	2 B 1 Ammonia Production
SNAP 4	2 B 2 Nitric Acid Production
SNAP 4	2 B 3 Adipic Acid Production
SNAP 4	2 B 4 Carbide Production
SNAP 4	2 B 5 a Other chemical industry (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 4	2 B 5 b Storage, handling and transport of chemical products (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 4	2 C 1 Iron and Steel Production
SNAP 4	2 C 2 Ferroalloys Production
SNAP 4	2 C 3 Aluminum Production
SNAP 4	2 C 5 a Copper Production
SNAP 4	2 C 5 b Lead Production
SNAP 4	2 C 5 c Nickel Production
SNAP 4	2 C 5 d Zinc Production
SNAP 4	2 C 5 e Other metal production (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 4	2 C 5 f Storage, handling and transport of metal products (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 4	2 D 1 Pulp and Paper
SNAP 4	2 D 2 Food and Drink
SNAP 4	2 D 3 Wood processing
SNAP 4	2 E Production of POPs
SNAP 4	2 F Consumption of POPs and Heavy Metals (e.g, electrical and scientific equipment)
SNAP 6	2 G Other production, consumption, storage, transportation or handling of bulk products (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 6	3 A 1 Decorative coating application
SNAP 6	3 A 2 Industrial coating application
SNAP 6	3 A 3 Other coating application (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 6	3 B 1 Degreasing
SNAP 6	3 B 2 Dry cleaning
SNAP 6	3 C Chemical products
SNAP 6	3 D 1 Printing
SNAP 6	3 D 2 Domestic solvent use including fungicides
SNAP 6	3 D 3 Other product use
SNAP 10	4 B 1 a Cattle Dairy
SNAP 10	4 B 1 b Cattle Non-Dairy
SNAP 10	4 B 2 Buffalo
SNAP 10	4 B 3 Sheep
SNAP 10	4 B 4 Goats
SNAP 10	4 B 6 Horses
SNAP 10	4 B 7 Mules and Asses
SNAP 10	4 B 8 Swine
SNAP 10	4 B 9 a Laying Hens
SNAP 10	4 B 9 b Broilers
SNAP 10	4 B 9 c Turkeys
SNAP 10	4 B 9 d Other Poultry
SNAP 10	4 B 13 Other
SNAP 10	4 D 1 a Synthetic N-fertilizers

SNAP 10	4 D 2 a Farm-level agricultural operations including storage, handling and transport of agricultural products
SNAP 10	4 D 2 b Off-farm storage, handling and transport of bulk agricultural products
SNAP 10	4 D 2 c N-excretion on pasture range and paddock Unspecified (Please specify the sources included/excluded in the notes column to the right)
SNAP 10	4 F FIELD BURNING OF AGRICULTURAL WASTES
SNAP 10	4 G Agriculture OTHER (c)
SNAP 9	6 A SOLID WASTE DISPOSAL ON LAND
SNAP 9	6 B WASTE-WATER HANDLING
SNAP 9	6 C a Clinical Waste Incineration (d)
SNAP 9	6 C b Industrial Waste Incineration (d)
SNAP 9	6 C c Municipal Waste Incineration (d)
SNAP 9	6 C d Cremation
SNAP 9	6 C e Small Scale Waste Burning
SNAP 9	6 D OTHER WASTE (e)
SNAP 5	7 A OTHER (included in National Total for Entire Territory)



AGÊNCIA  
PORTUGUESA  
DO AMBIENTE

[apambiente.pt](http://apambiente.pt)



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA



universidade de aveiro  
theoria poiesis praxis