

ANEXO VI-1 – CONCENTRAÇÕES MEDIDAS NAS EMQAR

Tabela A.I.1 – Concentrações medidas de NO₂ na estação de monitorização de qualidade do ar

Poluente	Estação Qualidade do Ar	Ano	19º Máximo Horário (µg·m ⁻³)	Horas em Excedência ao Valor Limite Horário	Valor Médio Anual (Horário)(µg·m ⁻³)
NO ₂	Burgães-Santo Tirso	2018	67	0	15
		2019	59	0	17
		2020	52	0	14
		2021	49	0	14
		2022	43	0	12

⁽¹⁾ Valores a cinzento – sem eficiência mínima.

Tabela A.I.2 – Concentrações medidas de PM10 na estação de monitorização de qualidade do ar

Poluente	Estação Qualidade do Ar	Ano	36º Máximo Diário (µg·m ⁻³)	Dias em Excedência ao Valor Limite Diário	Valor Médio Anual (Horário)(µg·m ⁻³)
PM10	Burgães-Santo Tirso	2018	27	1	18
		2019	27	4	24
		2020	0	0	23
		2021	0	0	0
		2022	28	1	17

⁽¹⁾ Valores a cinzento – sem eficiência mínima.

Tabela A.I.3 – Concentrações medidas de O₃ na estação de monitorização de qualidade do ar

Poluente	Estação Qualidade do Ar	Ano	26º Máximo Octohorário	Valor Máximo Octohorário > VA (Média 3 Anos)	Valor Médio Anual (Horário)(µg·m ⁻³)	Excedências	
						Limiar Informação	Limiar Alerta
O ₃		2018	97	7	41	0	0

Poluente	Estação Qualidade do Ar	Ano	26º Máximo Octohorário	Valor Máximo Octohorário > VA (Média 3 Anos)	Valor Médio Anual (Horário)($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	Excedências	
						Limiar Informação	Limiar Alerta
		2019	69	6	30	0	0
	Burgães-Santo Tirso	2020	93	2	37	0	0
		2021	72	0	34	0	0
		2022	91	2	40	1	0

⁽¹⁾ Valores a cinzento – sem eficiência mínima.

ANEXO VI - 2 – CARACTERIZAÇÃO DOS RECETORES SENSÍVEIS

Tabela A.II 1 – Características dos recetores sensíveis

Recetor sensível	Coordenadas (x;y) (Datum WGS84 – Fuso 29)	Distância ao projeto (m)	Orientação (rosa dos ventos)
1 - Serzedelo	552773,9; 4583568,5	1314,5	Sudeste
2 - Penso	552006,7; 4582701,9	1884,4	Sul
3 - São Pedro de Oliveira	550819,2; 4584814,1	1081,0	Noroeste
4 - Oliveira Santa Maria	549868,9; 4584059,7	2086,6	Sudoeste
5 - Gondar	552645,6; 4585607,0	1290,3	Nordeste
6 - Gandarela	554062,7; 4582810,8	2759,1	Sudeste
7 - Guardizela	552601,2; 4582206,6	2431,4	Sudeste
8 - Selho (São Cristóvão)	554144,2; 4585070,3	2316,3	Nordeste
9 - Oliveira São Mateus	549559,9; 4582497,5	3102,2	Sudoeste
10 - Alegria	551532,4; 4585548,0	1083,5	Noroeste
11 - Riba D´Ave	551008,6; 4582372,4	2334,1	Sudoeste
12 - Pevidem	553967,0; 4586335,7	2739,0	Nordeste

ANEXO III – COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS ESTIMADOS E A INFORMAÇÃO DA NORMAL CLIMATOLÓGICA

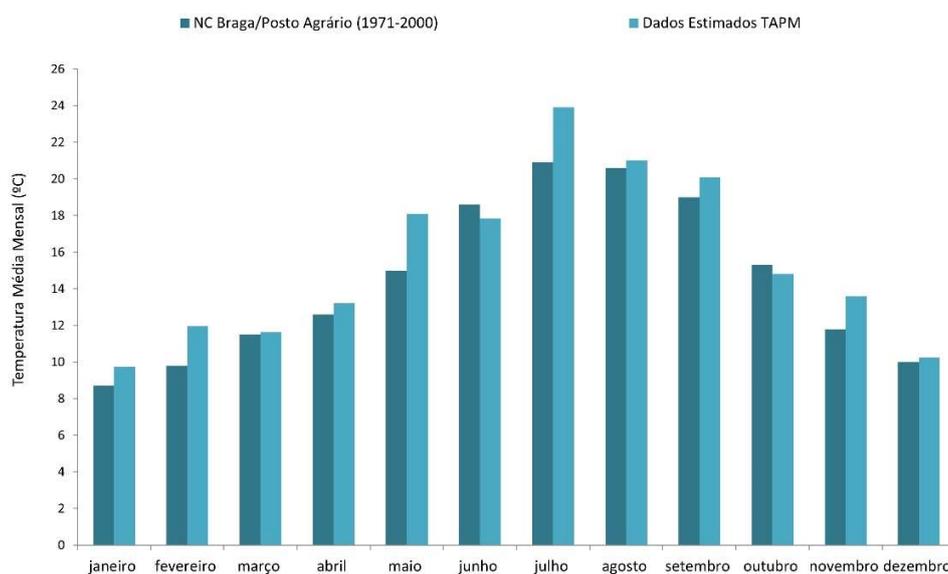


Figura A.III 1 - Comparação das médias mensais de temperatura do ar (°C) registada entre 1971-2000 na Normal Climatológica de Braga-Posto Agrário.

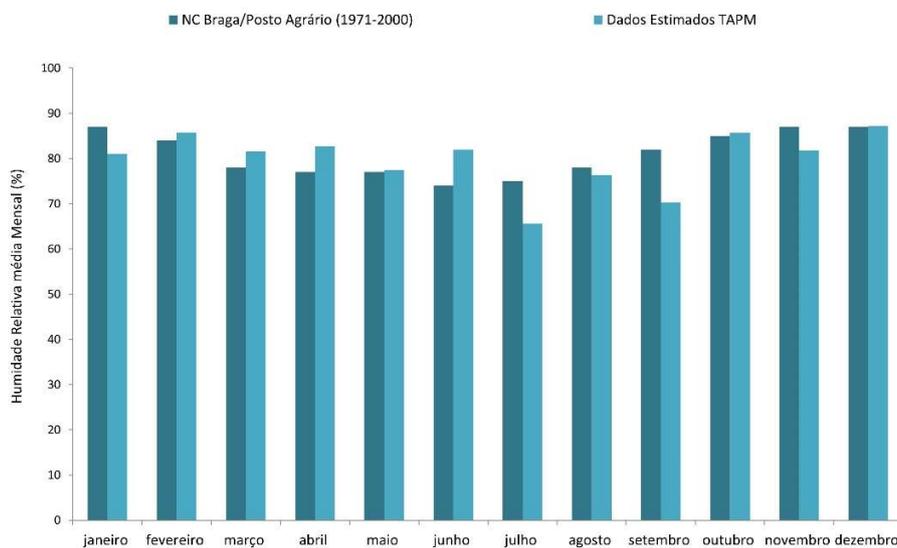


Figura A.III 2 - Comparação das médias mensais de humidade relativa (%) registada entre 1971-2000 na Normal Climatológica de Braga-Posto Agrário.

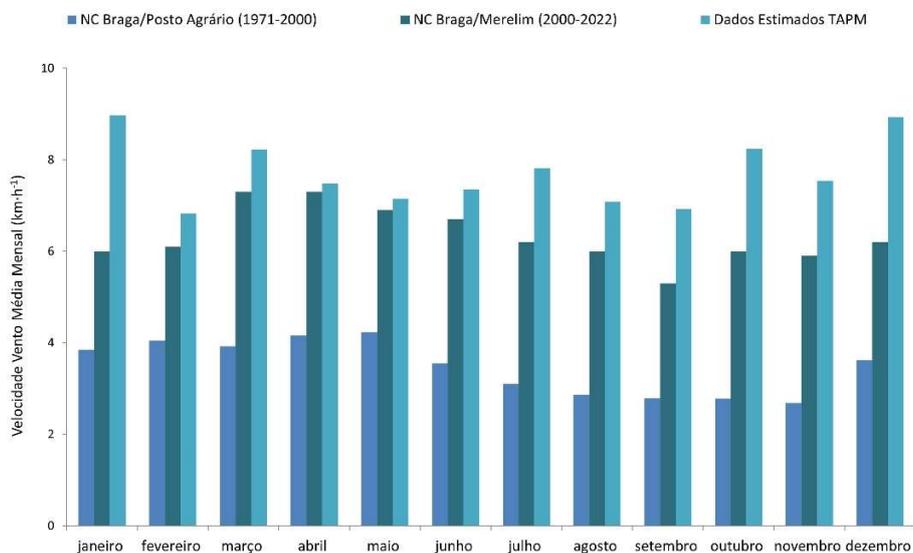


Figura A.III 3– Comparação da variação média mensal da velocidade do vento ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) registada entre 1971-2000 na Normal Climatológica de Braga-Posto Agrário.

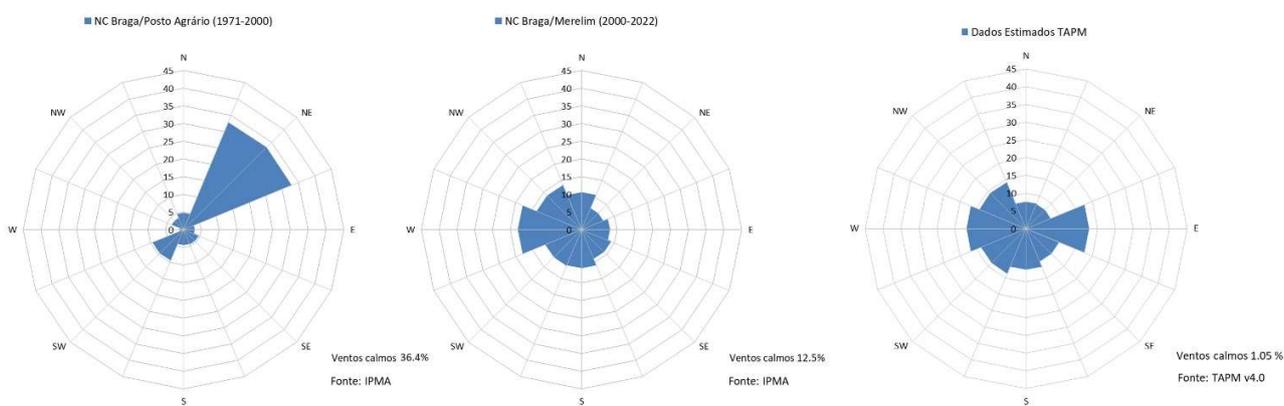


Figura A.III 4– Rosa de ventos da Normal Climatológica de Braga-Posto Agrário, para o período de 1971-2000 e da Normal Climatológica de Braga-Merelim.

ANEXO IV – EMISSÕES POLUENTES ATMOSFÉRICOS E ODORES

Tabela A.IV 1 – Características estruturais e emissões determinadas para as caldeiras

Unidade	Nº fontes	Altura (m)	Diâmetro (m)	Temperatura (K)	Caudal volúmico (m³.h⁻¹)	Caudal seco normalizado nominal (Nm³.h⁻¹)	VLE (mg.Nm⁻³)		Caudal Mássico (ton.ano⁻¹)	
							SO₂	NO₂	SO₂	NO₂
Caldeira a biogás do edifício hidrólise térmica	1	5,00	0,13	463,15	1517,0	894,70	100	200	0,54	1,08
Caldeiras a biogás das unidades de cogeração	2	10,00	0,25	708,15	7816,5	3015,00			1,82	3,64

Tabela A.IV 2 – Volumes de tráfego médio diário mensal (TMDM) para os troços da A7

Via tráfego	TMDM (2023)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1 Seide – Ave (A7)	21111	22025	22433	23472	24182	24238	26563	28956	23625	21409	21105	20872
2 Ave – Selho (A7)	20267	21007	21486	22252	23174	23112	24875	27014	22639	20604	20383	20359

Tabela A.IV 3 – Volumes de tráfego médio horário (TMH) para as vias municipais

Via tráfego	TMH					
	Ligeiros			Pesados		
	Diurno (07h00-20h00)	Entardecer (20h00-23h00)	Noturno (23h00-07h00)	Diurno (07h00-20h00)	Entardecer (20h00-23h00)	Noturno (23h00-07h00)
3 EN 310	694	359	62	51	8	4
4 Rua de Vila Meã	303	214	35	17	2	1
5 Rua da Escola	113	80	13	11	1	1

Tabela A.IV 4 – Volumes de tráfego médio horário (TMH) para as vias de acesso à ETAR de Serzedelo I e II e à unidade centralizada de tratamento de lamas

Via tráfego	TMD				
	Ligeiros		Pesados		
	Dia útil	Fim-de-semana	Dia útil	Fim-de-semana	
6	Via de Acesso Serzedelo I e II (Atual)	29	7	17	5
7	Via de Acesso unidade centralizada de tratamento de lamas (Futuro)	0	0	12	0
8	Via de Acesso Atual + Futuro	29	7	29	5

Nota: Período de circulação das 9h às 18h.

Tabela A.IV 5 – Emissões poluentes atmosféricos (NO₂, CO, PM10 e PM2,5) das vias existentes no domínio em estudo

Via tráfego	Emissões atmosféricas totais (ton-ano ⁻¹)			
	NO ₂	CO	PM10/PM2,5	
1	Seide – Ave (A7)	17,30	26,86	1,16
2	Ave – Selho (A7)	15,07	23,14	1,00
3	EN 310	24,73	28,33	1,60
4	Rua de Vila Meã	2,64	2,27	1,84x10 ⁻¹
5	Rua da Escola	6,93x10 ⁻¹	5,00x10 ⁻¹	4,35x10 ⁻²
6	Via de Acesso Atual	8,07x10 ⁻³	2,66x10 ⁻³	3,22x10 ⁻⁴
7	Via de Acesso Futuro	6,52x10 ⁻³	1,47x10 ⁻³	2,24x10 ⁻⁴
8	Via de Acesso Atual + Futuro	6,33x10 ⁻²	1,85x10 ⁻²	2,40x10 ⁻³
	TOTAL	60,51	81,12	4,00

Tabela A.IV 6 – Emissões difusas de PM10 e PM2,5 geradas com o manuseamento e armazenamento de lamas desidratadas no edifício de armazenamento

Atividade	Emissão (kg/ano)		Emissão (ton/ano)	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
Descarga	16,99	2,57	1,70x10 ⁻²	2,57x10 ⁻³
Carga	16,99	2,57	1,70x10 ⁻²	2,57x10 ⁻³
Armazenamento	8,74x10 ⁻²	3,50x10 ⁻²	8,74x10 ⁻⁵	3,50x10 ⁻⁵
Total	34,08	5,18	3,41x10⁻²	5,18x10⁻³

Tabela A.IV 7 – Características estruturais e operacionais e emissão de odor da unidade centralizada de lamas.

Fonte Emissora Odor	Nº fontes	Caudal volúmico (m ³ .h ⁻¹)	Altura Média Emissão Odor (m)	Emissão odor (UO _E .ano ⁻¹)
Edifício de Armazenamento de lamas	1	-	8,6	5,6x10 ¹⁰ (1)
Sistema de Desodorização	2	22260	1,5	9,1x10 ¹⁰ (2)

(1) Odour & Environmental Engineering Consultants (2005). Odour impact assessment of current and proposed courtown wwtp, Courtown, co. Wexford

(2) Waste Treatment | Eippcb. (2018). <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/waste-treatment-0>

ANEXO V – METODOLOGIA ESTIMATIVA EMISSÕES DIFUSAS

MANUSEAMENTO MATERIAL (CARGA E DESCARGA)

Ao nível do processo de manuseamento de material foram contabilizadas as etapas de carga e descarga que irão ocorrer no edifício de tratamento de lamas.

Para a determinação das emissões geradas durante os processos de carga e descarga foi aplicada a Equação 1¹.

$$E_{MP} = k_{MP} \times k_{Mat.Manuseado} \times \frac{\left(\frac{U}{k_U}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{k_M}\right)^{1.4}} \times Q_{Mat.Manuseado} \text{ (Equação 1)}$$

Sendo:

E_{MP} – Emissão de PM10 ou PM2,5 (kg/ano);

U – Velocidade do vento média do local (m/s).

M – Teor de humidade do material manuseado (%);

$Q_{Mat.Manuseado}$ – Quantidade de material manuseado (ton/ano);

k_{MP} – Fator de multiplicação dependente do tamanho da partícula: 0,35 para as PM10 e 0,053 para as PM2,5 (adimensional);

$k_{Mat.Manuseado}$ – 0,0016 (kg/t). Valor de referência definido pela própria metodologia de cálculo;

k_U – 2,2 (s/m). Valor de referência definido pela própria metodologia de cálculo;

k_M – 2 (adimensional). Valor de referência definido pela própria metodologia de cálculo.

ARMAZENAMENTO MATERIAL

Para a determinação das emissões difusas geradas durante o armazenamento de material em pilhas não cobertas, suscetíveis da erosão por ação do vento, foi aplicada a Equação 2².

$$E_{MP} = k_{açãovento} \times AD_{MP} \times \left(\frac{s}{k_s}\right) \times \left(\frac{(1-p)}{k_{dias}}\right) \times \left(\frac{I}{k_I}\right) \times A \text{ (Equação 2)}$$

Sendo:

E_{MP} – Emissão de PM10 ou PM2,5 (kg/ano);

s – Percentagem de material particulado representativo da fração fina (%);

¹ EMEP/EEA Air Pollution Emission Inventory Guidebook, (2019). 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal.

² EMEP/EEA Air Pollution Emission Inventory Guidebook, (2019). 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal.

p – Percentagem de dias no ano com pelo menos 0,254 mm de precipitação (%);

l – Percentagem de tempo com velocidades de vento superiores a 5,36 m/s (%);

A – Área de exposição da pilha (m²);

AD_{MP} – Fator aerodinâmico dependente do tamanho da partícula: 0,5 para as PM10 e 0,2 para as PM2,5 (adimensional);

K_{caçãovento} – 1,12 x 10⁻⁴ x 1,7 x 365 (kg/m²). Valores de referência definidos pela própria metodologia de cálculo;

k_s – 1,5 (adimensional). Valor de referência definido pela própria metodologia de cálculo;

k_{dias} – percentagem de dias de trabalho (%). Foram considerados 365 dias no ano;

k_i – 15 (adimensional). Valor de referência definido pela própria metodologia de cálculo.

A área de exposição da pilha foi determinada segundo a aplicação da Equação 3 e da Equação 4³. No presente estudo considerou-se 1 pilha de armazenamento, com formato cónico.

$$A = n_{pilha} \times r \times \sqrt{(r^2 + h^2)} \text{ (Equação 3)}$$

$$r = \sqrt[3]{\left(\frac{\frac{w}{\rho} \times 3}{\pi \times \tan(\theta)}\right)} \text{ (Equação 4)}$$

Sendo:

A – Área de exposição da pilha (m²);

n_{pilhas} – Número de pilhas de armazenamento;

r – Raio da pilha de armazenamento (m);

h – Altura da pilha de armazenamento (m);

w – Quantidade de material armazenado (ton);

ρ – Densidade do material armazenado (ton/m³);

θ – Ângulo de inclinação da pilha de armazenamento (°).

³ EMEP/EEA Air Pollution Emission Inventory Guidebook, (2019). 2.A.5.a Quarrying and mining of minerals other than coal.

ANEXO VI – DESCRIÇÃO DOS MODELOS UTILIZADOS

MODELO DE DISPERSÃO – AERMOD

O AERMOD é um modelo de dispersão avançado que incorpora tratamentos atuais da teoria da camada limite planetária, conhecimentos de turbulência, dispersão e interações com a superfície. Este modelo foi formalmente proposto pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*) em Abril de 2000 como substituto do modelo ISCST3. A última versão do modelo (que será utilizada neste estudo) inclui os algoritmos de *downwash* do penacho do modelo PRIME. Esta versão foi sujeita a avaliações por parte da USEPA (Documentos n.º EPA-454/R-03-002 e n.º EPA-454/R-03-003 de Junho de 2003), com resultados bastante positivos, sendo recomendada a sua utilização como modelo autorizado. O AERMOD substituiu desde Novembro de 2005 o anterior modelo “regulatório” Americano ISC3 – *Industrial Sourcing Complex*.

O AERMOD é um modelo de dispersão de estado estacionário. Na camada limite estável, assume-se que a distribuição das concentrações é gaussiana, quer na vertical quer na horizontal. Na camada de limite convectiva, assume-se que a distribuição horizontal é gaussiana, mas a distribuição vertical é descrita com uma função de probabilidade de densidade bi-gaussiana.

O AERMOD foi concebido para tratar fontes à superfície e elevadas, em topografia simples e complexa. Tal como o modelo ISCST3, o AERMOD tem possibilidade de tratamento de fontes múltiplas (pontuais, em área ou em volume), apresentando relativamente a este último modelo as seguintes vantagens, entre outras:

- Entra em linha de conta com a temperatura e vento acima da fonte emissora, em condições estáveis, e com *updrafts* e *downdrafts* convectivos em condições instáveis;
- Relativamente aos dados de entrada meteorológicos, pode adaptar níveis múltiplos de dados a várias altitudes da fonte emissora e do penacho, para além de criar perfis verticais de vento, temperatura e turbulência;
- Utiliza tratamentos gaussianos na dispersão vertical e horizontal do penacho em condições estáveis e uma função não gaussiana de probabilidade de densidade na dispersão vertical em condições instáveis;
- Na formulação da altura da camada de mistura inclui uma componente mecânica e, ao utilizar dados de entrada horários, fornece uma sequência mais realista das alterações diurnas da camada de mistura;
- O AERMOD fornece flexibilidade na seleção das características da superfície do domínio em estudo;
- Nos efeitos de *downwash* de estruturas próximas, o AERMOD beneficia da tecnologia avançada fornecida pelos algoritmos do modelo PRIME.

O AERMOD é um sistema de modelos constituído por três módulos: (i) AERMOD (*air dispersion model*), (ii) AERMET (*meteorological data preprocessor*) e (iii) AERMAP (*terrain preprocessor*).

O AERMET é o sistema de pré processamento de dados meteorológicos do AERMOD, cujo objetivo consiste na utilização de parâmetros meteorológicos, representativos do domínio em estudo, para calcular parâmetros da camada limite utilizados para estimar perfis verticais de vento, turbulência e temperatura. O AERMET baseia-se num modelo de pré processamento já regulado pela USEPA, o MPRM (*Meteorological Processor for Regulatory Models*) e processa os dados meteorológicos de entrada no modelo em três fases. Numa primeira fase o programa efetua várias verificações de qualidade dos dados.

Numa segunda fase os dados disponíveis são agrupados em períodos de 24 horas e armazenados num único ficheiro. Numa terceira fase o programa lê os dados provenientes da segunda fase e estima os parâmetros necessários como dados de entrada no AERMOD. Nesta fase são criados dois ficheiros para o AERMOD: 1) um ficheiro para as estimativas horárias da camada limite; 2) um ficheiro de perfis verticais de velocidade e direção do vento, temperatura e desvio padrão das componentes, horizontal e vertical do vento.

O AERMAP é um pré processador da superfície concebido para simplificar e standardizar os dados de entrada no AERMOD. Os dados de entrada incluem dados de elevação dos recetores. Os outputs incluem, para cada recetor, localização e escalas de altitude, utilizados para o cálculo dos fluxos de ar.

Este modelo tem sido utilizado pela USEPA como modelo regulatório (recomendado), estando largamente testado e validado.

MODELO MESOMETEOROLÓGICO - TAPM

Para a modelação da dispersão da pluma, tendo em conta os obstáculos próximos, e para a determinação da estrutura vertical da atmosfera propõe-se a utilização do modelo TAPM – *The Air Pollution Model*: Trata-se de um modelo desenvolvido pela Csiro, *Atmospheric Research*, que inclui um módulo meteorológico e um módulo de dispersão de poluentes, incluindo a formação de poluentes secundários e produção de ozono. Este modelo possui a vantagem de ser aplicável a situações complexas de topografia e campo de ventos, bem como apresentar a possibilidade de simulações de longo termo – um ano – com as vantagens da possibilidade de comparação dos resultados com a legislação aplicável.

O TAPM consiste no acoplamento de um modelo de prognóstico meteorológico e de um modelo de dispersão da concentração de poluentes atmosféricos. O modelo integra fluxos importantes para a escala local de poluição de ar, tal como brisas do mar e fluxos induzidos pelo terreno, tendo em conta um fundo de grande escala de meteorologia fornecida por análises sinópticas.

O módulo meteorológico de mesoscala utiliza como dados de entrada o forçamento sinóptico fornecido pelo “*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*”, e dados de topografia e uso do solo. A componente meteorológica do TAPM é um modelo tridimensional, não-hidrostático. O modelo resolve a equação da conservação da quantidade de movimento para as componentes horizontais do vento, a equação da continuidade de um fluido incompressível para a componente vertical e equações escalares para a temperatura potencial e humidade específica.

A componente de dispersão de poluentes do TAPM utiliza a formulação Euleriana tridimensional desenvolvida para a simulação dos processos físico-químicos associados à produção, transporte, dispersão e deposição de poluentes atmosféricos reativos e não reativos. O modelo considera reações para várias espécies, entre as quais se salientam os óxidos de azoto (NO e NO₂) e ozono (O₃).

ANEXO VII – CONDIÇÕES PARA INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DE DISPERSÃO

Da aplicação do AERMOD resultam ficheiros de valores de concentração dos diferentes poluentes em análise, estimados tendo em conta as emissões inseridas das fontes pontuais consideradas no estudo e as condições meteorológicas e topográficas locais. As concentrações são apresentadas para a malha de recetores considerada no estudo. Por “recetores” entendem-se pontos representativos de áreas unitárias, que constituem a grelha que cobre o domínio de estudo.

A partir dos valores estimados são efetuados mapas de distribuição de valores de concentração.

Os mapas de distribuição de longo termo (média anual) referem-se aos valores médios estimados para cada área, para o ano em análise.

Os mapas de distribuição de curto termo (médias horárias, octohorárias e diárias) referem-se ao valor máximo estimado no ano em estudo para o recetor (área) em análise. O mapa apresentado neste caso é representativo de uma compilação de vários períodos temporais nos quais se registaram valores elevados em determinado local. Trata-se, desta forma, de um cenário máximo criado apenas para avaliação dos máximos registados em cada área.

A distribuição dos valores nestes mapas pode ser referente a períodos temporais distintos, durante os quais, em determinadas áreas (ou recetores), e com determinadas condições meteorológicas, ocorreram os valores máximos (horários, octohorários e diários). A análise efetuada nesta base de trabalho tem sempre de ter este facto em consideração, não podendo esta forma de apresentação ser diretamente comparável a valores limite ou de referência. Apesar disso, sempre que possível, nas escalas gráficas dos mapas de distribuição dos valores máximos são inseridos os valores limite da legislação de forma a integrar os valores estimados face aos valores de referência.

Os mapas exprimem, para cada um dos recetores (pontos considerados representativos de áreas), a concentração máxima estimada pelo modelo independentemente do dia ou da hora do ano em estudo. No fundo, esta é uma perspetiva virtual onde se condensam todas as piores situações, recetor a recetor, numa imagem única, resultando numa espécie de “fotografia” dos piores casos, ponto a ponto, como se tivessem ocorrido todos em simultâneo.

No caso de poluição atmosférica, o pior cenário poderá ser a conjunção de um período (horário, octohorário ou diário) ou vários períodos onde simultaneamente teriam ocorridos valores elevados de vários poluentes. Esta análise é de elevada complexidade, dada a infinidade de variáveis em jogo, pelo que está convencionada a apresentação gráfica dos valores máximos, em períodos temporais distintos, tal como é efetuado neste estudo.

A comparação entre as concentrações máximas estimadas pelo modelo de simulação e os valores de referência ou legalmente aplicáveis é efetuada em forma de tabela a seguir aos mapas de distribuição de valores. Chama-se a atenção para o facto de os valores presentes nestas tabelas corresponderem aos valores máximos estimados (VE) para cada poluente em análise, dentro do universo de todos os recetores (áreas) e para as 8760 horas simuladas (ano completo).

A comparação é efetuada também através da aplicação de um fator de segurança (designado por F2) atribuído aos resultados dos modelos Gaussianos, como o utilizado neste estudo. Por aplicação deste fator entende-se que os valores reais, estatisticamente, poderão ser metade ou o dobro dos valores estimados numericamente pelo modelo.

Ao comparar os resultados das simulações com a legislação portuguesa é possível verificar se, em algum recetor (área), se prevê que haja ultrapassagem do limite legal para a qualidade do ar.