



ANEXO 4 – RECURSOS HÍDRICOS

ESTUDO COMPLEMENTAR DA QUALIDADE DA ÁGUA

1. METODOLOGIA

No presente documento é apresentada uma simulação para a qualidade da água, tendo por base o Projeto de Drenagem, com vista à avaliação de impactes, e definição de eventuais medidas de minimização, para os reais locais de descarga da via.

Na fase de exploração das infraestruturas rodoviárias, os principais impactes na qualidade da água estão relacionados com a emissão de poluentes pela circulação automóvel.

A poluição é do tipo pontual e difusa, podendo ainda considerar-se a poluição devido à aplicação de pesticidas nas bermas e/ou separadores para controlo da vegetação, não sendo esta significativa.

A poluição pontual é devida ao derrame de produtos ou resíduos resultantes de acidentes de viação. Nos casos em que os veículos envolvidos transportem produtos tóxicos e/ou perigosos, os riscos de contaminação serão superiores.

Os principais poluentes envolvidos na contaminação difusa são as partículas, hidrocarbonetos e alguns metais pesados, que estão associados à emissão dos gases de escape, ao desgaste da pavimentação, pneus e componentes mecânicos dos veículos, e à evaporação e fugas de óleos e combustíveis. Uma vez depositados no pavimento ou dispersos na atmosfera, os poluentes podem atingir a rede de drenagem, as áreas envolventes à plataforma, e os cursos de água recetores, por meio da ação dos ventos e, principalmente, das chuvas.

Os poluentes considerados neste estudo são assim o zinco, o cobre e os sólidos suspensos totais.

Todo o fenómeno, desde a deposição dos poluentes até à entrada da carga poluente no meio recetor, é regido por uma série de processos físicos, químicos e biológicos, de maior ou menor complexidade, onde normalmente entram em jogo fatores como as condições climáticas da zona, o sistema de drenagem e as características do meio recetor.

Neste estudo da qualidade da água procedeu-se à avaliação da concentração de poluentes, com origem da circulação automóvel, tanto nos principais pontos de descarga contemplados no projeto de drenagem, como após descarga nas bacias que recebem as águas de escorrência da via.

A metodologia adotada para o cálculo das concentrações corresponde ao modelo *Driver e Tasker* adaptado para o território nacional.

Nos pontos seguintes são definidas as bacias e os pontos de descarga utilizados. Descreve-se também o modelo matemático utilizado na previsão dos acréscimos da concentração de poluentes.

2. DEFINIÇÃO DAS PRINCIPAIS BACIAS RECEPTORAS E DOS PONTOS DE DESCARGA

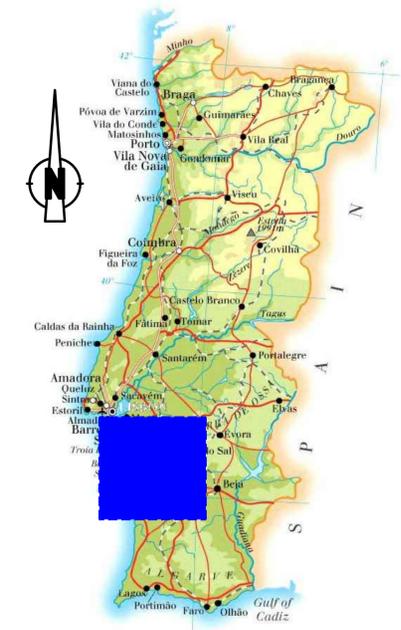
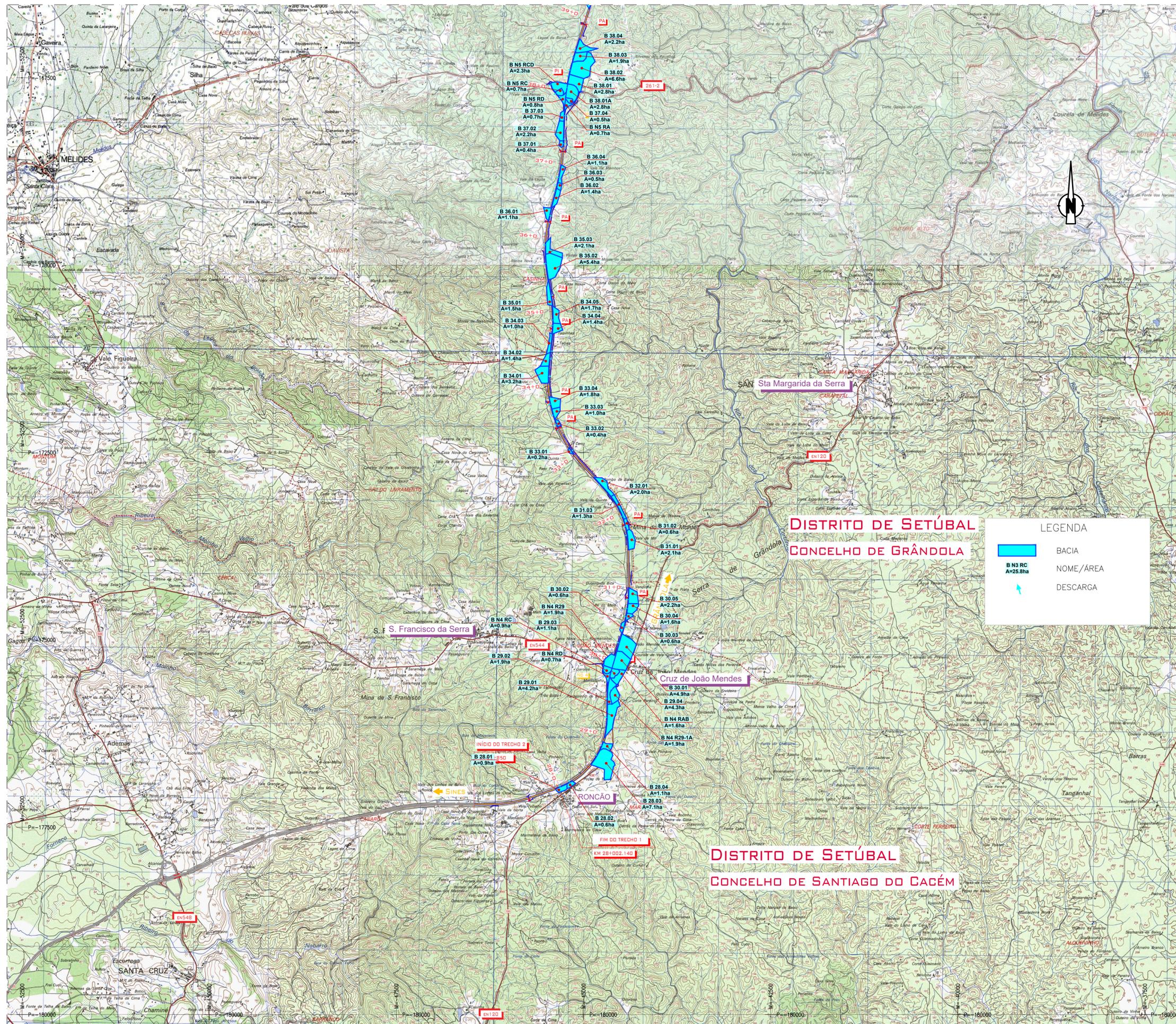
2.1 Bacias Hidrográficas Recetoras

No presente estudo foram consideradas as principais bacias hidrográficas recetoras das águas de escorrência da via, ilustradas no Desenho 1. As bacias definidas no conjunto da estrada correspondem a áreas homogéneas de descarga e condução. No Quadro 1 são apresentadas as suas principais características, incluindo as passagens hidráulicas associadas.

Quadro 1 – Principais Características das Bacias Recetoras

Passagem hidráulica		Bacia hidrográfica			Linha de água			
PH	pk	Bacia	Área	C	Comprimento	Cota montante (m)	Cota Jusante (m)	Inclinação
	(km)		(km ²)	(-)				(km)
PH 28.01	28+034 e	B 28.01	0,0093	0,35	50	271	265	12,0
PH 28.02	28+175 e	B 28.02	0,0061	0,35	50	270	261,3	17,5
PH 28.03	28+689 e	B 28.03	0,0708	0,35	300	271	241,5	9,8
PH 28.04	28+846 e	B 28.04	0,0113	0,35	85	260	249	12,9
PH 29.01	29+225 e	B 29.01	0,0424	0,35	250	275	255	8,0
PH 29.02	29+493 e	B 29.02	0,0554	0,35	100	271	266	5,0
PH 29.03	29+806 e	B 29.03	0,0109	0,35	115	285	275	8,7
PH 29.04	29+879 e	B 29.04	0,0425	0,35	280	289	282	2,5
PH 30.01	30+239 e	B 30.01	0,0488	0,35	205	288	278,5	4,6
PH 30.02	30+466 d	B 30.02	0,0057	0,35	60	281	278	5,0
PH 30.03	30+600 e	B 30.03	0,0057	0,35	82	282	275	8,5
PH 30.04	30+714 e	B 30.04	0,0163	0,35	136	282	271,9	7,4
PH 30.05	30+832 e	B 30.05	0,0224	0,35	124	278	274	3,2
PH 31.01	31+694 e	B 31.01	0,0211	0,35	195	277	269,3	3,9
PH 31.02	31+817 e	B 31.02	0,0060	0,35	52	274	268	11,5
PH 31.03	31+959 e	B 31.03	0,0128	0,35	300	280,4	271,2	3,1
PH 32.01	32+488 e	B 32.01	0,0196	0,35	225	279,6	274,5	2,3
PH 33.01	33+068 d	B 33.01	0,0024	0,35	30	279	275,1	13,0
PH 33.02	33+473 e	B 33.02	0,0039	0,35	40	277	271	15,1
PH 33.03	33+608 e	B 33.03	0,0100	0,35	120	278	272	5,0
PH 33.04	33+757 e	B 33.04	0,0181	0,35	130	278	270,8	5,5
PH 34.01	34+129 d	B 34.01	0,0318	0,35	180	282	272	5,6
PH 34.02	34+365 d	B 34.02	0,0137	0,35	150	279	270,3	5,8
PH 34.03	34+470 d	B 34.03	0,0096	0,35	240	284	270,8	5,5
PH 34.04	34+811 e	B 34.04	0,0139	0,35	120	276	269	5,8
PH 34.05	34+885 e	B 34.05	0,0166	0,35	135	282	272	7,4
PH 35.01	35+214 d	B 35.01	0,0146	0,35	120	282	279,7	1,9
PH 35.02	35+648 e	B 35.02	0,0537	0,35	200	290	279,3	5,4
PH 35.03	35+893 e	B 35.03	0,0208	0,35	240	290	277,9	5,0
PH 36.01	36+291 d	B 36.01	0,0108	0,35	115	290	272	15,7
PH 36.02	36+623 e	B 36.02	0,0134	0,35	160	288	274,9	8,2
PH 36.03	36+704 e	B 36.03	0,0050	0,35	50	281	268	26,0
PH 36.04	36+811 e	B 36.04	0,0109	0,35	150	285	271	9,3
PH 37.01	37+269 d	B 37.01	0,0041	0,35	40	281	273,5	18,8
PH 37.03	37+643 d	B 37.03	0,0222	0,35	80	285	276,9	10,2
PH 37.04	37+878 e	B 37.04	0,0069	0,35	115	285	275,7	8,1

Passagem hidráulica		Bacia hidrográfica			Linha de água			
PH	pk	Bacia	Área	C	Comprimento	Cota montante (m)	Cota Jusante (m)	Inclinação
	(km)		(km ²)	(-)				(%)
PH 38.01A	38+018 e	B 38.01	0,0279	0,35	210	286	273	6,2
PH 38.01	38+176 e	B 38.01	0,0280	0,35	230	285	271	6,1
PH 38.02	38+256 e	B 38.02	0,0661	0,35	330	301	269,5	9,5
PH 38.03	38+434 e	B 38.03	0,0190	0,35	170	300	281	11,2
PH 38.04	38+531 e	B 38.04	0,0219	0,35	265	300	285	5,7
PH 39.01	39+176 d	B 39.01	0,0059	0,35	40	305	294	27,5
PH 39.02	39+980 d	B 39.02	0,0708	0,35	200	312	285,7	13,2
PH 40.01	40+264 d	B 40.01	0,0879	0,35	300	312	263,5	16,2
PH 40.02	40+482 d	B 40.02	0,0734	0,35	330	308	261,6	14,1
PH 40.03	40+660 d	B 40.03	0,0129	0,35	125	293	256,2	29,4
PH 40.04	40+864 d	B 40.04	0,0503	0,35	200	281	233	24,0
PH 41.01	41+008 d	B 41.01	0,0175	0,35	140	281	230,5	36,1
PH 41.02	41+083 d	B 41.02	0,0139	0,35	140	275	231,4	31,1
PH 41.03	41+674 d	B 41.03	0,0462	0,35	180	247	207	22,2
PH 42.01	42+143 d	B 42.01	0,0786	0,35	330	215	185,5	8,9
PH 42.02	42+416 e	B 42.02	0,0081	0,35	153	190	184	3,9
PH 42.03	42+867 e	B 42.03	0,0421	0,35	420	186	165,4	4,9
PH 43.01	43+421 e	B 43.01	0,1264	0,35	750	175	144,5	4,1
PH 43.02	43+608 e	B 43.02	0,0209	0,1	145	165	144,3	14,3
PH 44.01	44+749 e	B 44.01	0,2278	0,1	710	160	115	6,3
PH 45.01	45+475 d	B 45.01	0,0121	0,1	190	107,5	101,9	2,9
PH 47.01	47+072 d	B 47.01	2,8378	0,1	3300	160	88,3	2,2
PH 47.02	47+857 d	B 47.02	0,7636	0,1	1800	98	85,4	0,7

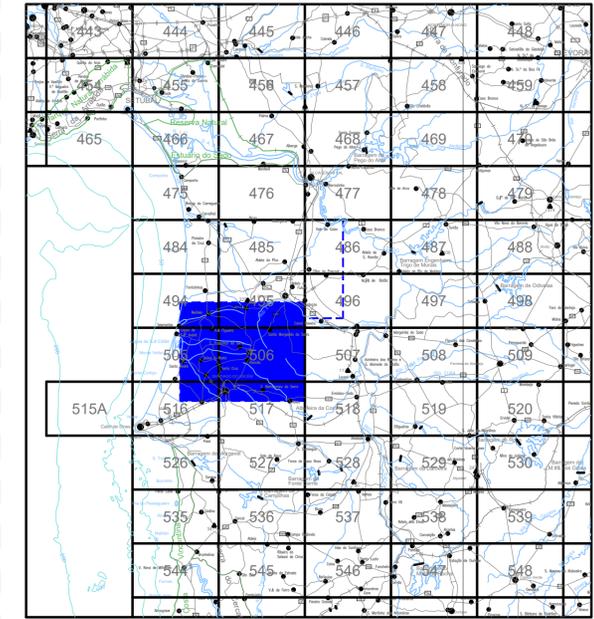


DISTRITO DE SETÚBAL
CONCELHO DE GRÂNDOLA

LEGENDA

- BACIA
- NOME/ÁREA
- DESCARGA

ESQUEMA DE FOLHAS



Quadrícula Militar Série M888 Esc. 1:25000-IGOE

DISTRITO DE SETÚBAL
CONCELHO DE SANTIAGO DO CACÉM

Infraestruturas de Portugal

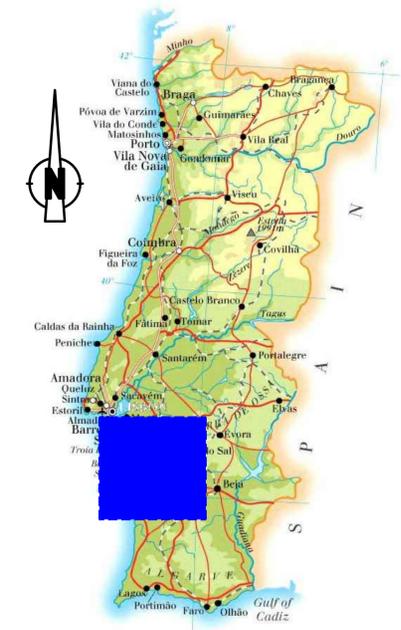
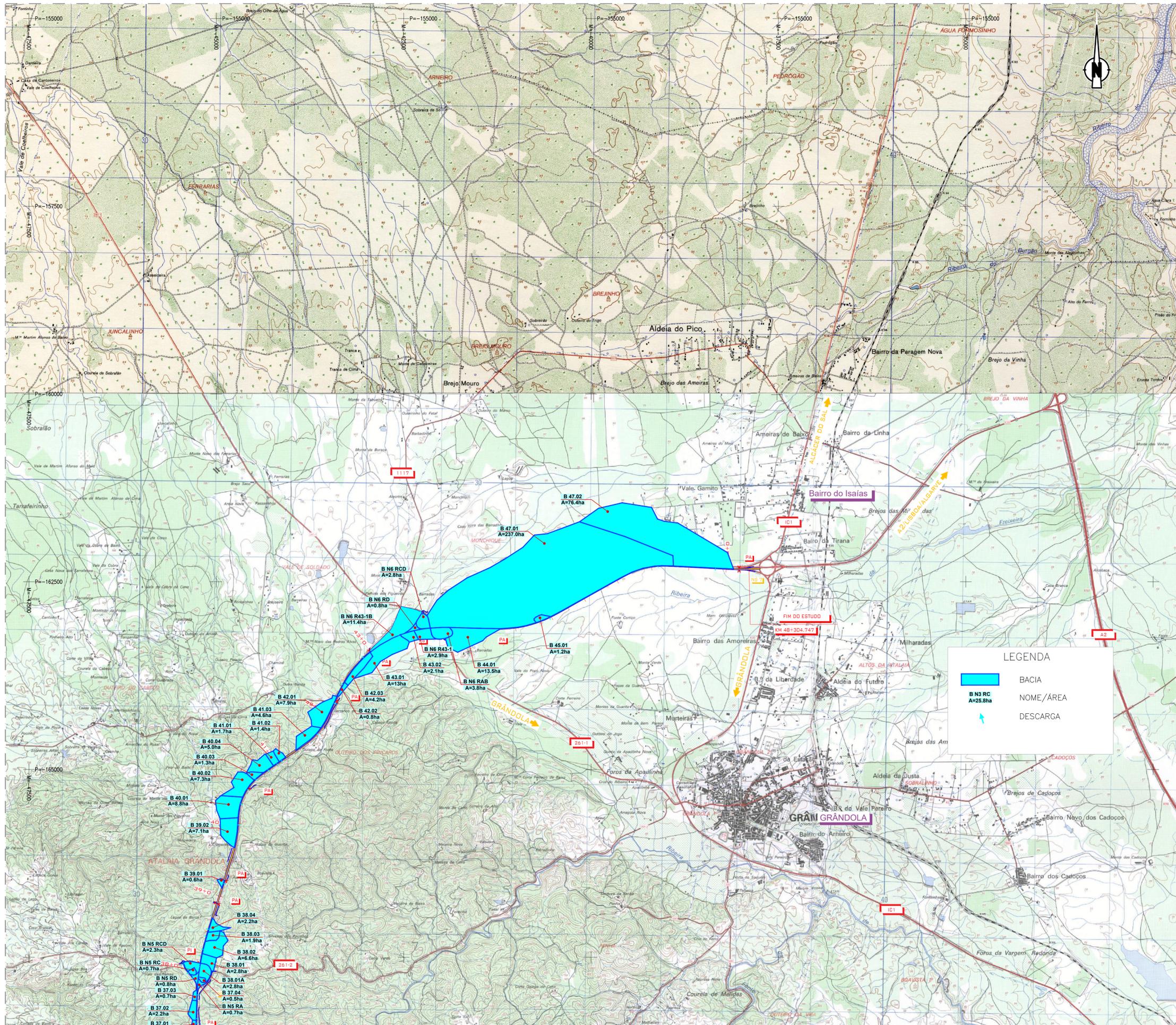
EDGAR CARDOSO
Laboratório de Estruturas

ENGININD
Consultoria de Engenharia e Formação

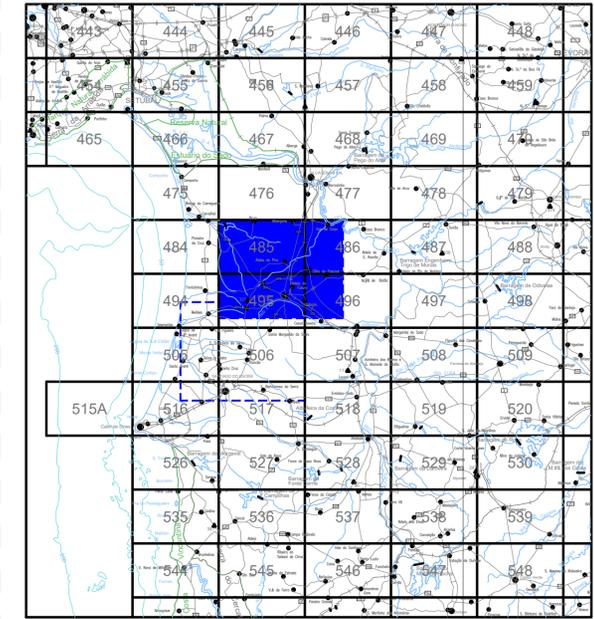
PROJETO Nº	RVGR	JOÃO MESQUITA	COORDENAÇÃO	ESCALA	PROJETO
IP8 (A26) - LIGAÇÃO ENTRE SINES E A2			CARLOS FERRAZ	1:25000	
LANÇAO IP8 ENTRE RONÇAO E GRÂNDOLA			FILipe VASQUES	ESCALA GRÁFICA	
AUMENTO DE CAPACIDADE				0 200 400 1000	

DESIGNAÇÃO	PROJETO
IP8 (A26) - LIGAÇÃO ENTRE SINES E A2	
LANÇAO IP8 ENTRE RONÇAO E GRÂNDOLA	
AUMENTO DE CAPACIDADE	

DESIGNAÇÃO	PROJETO	DESENHO Nº
INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS	PROJETO EXECUÇÃO	RVGR-PE-T2-P2-GE-03
DRENAGEM	BACIAS HIDROGRÁFICAS	



ESQUEMA DE FOLHAS



Quadrícula Militar Série M888 Esc. 1:25000-IGOE

LEGENDA

- BACIA
- NOME/ÁREA
- DESCARGA

Infraestruturas de Portugal

EDGAR CARDOSO
Laboratório de Estruturas

ENGININD
Consultores de Engenharia e Formação

PROJETO Nº	PROJETO	COORDENAÇÃO	ESCALA	PROJETO
RVGR	JOÃO MESQUITA	CARLOS FERRAZ	1:25000	
DATA	DESENHO	VISTO	ESCALA GRÁFICA	
NOVEMBRO 2023	MARGARIDA ALVES	FILIPE VASQUES	0 200 400 600 800 1000	
ALTERAÇÃO	DESCRIÇÃO DA ALTERAÇÃO	DATA	DESENHO	VERIFICADO
R01	REFORMULAÇÃO DO N.º 6 E RESPOSTA AO PARER DE REVISÃO DE 20/03/2024	20/04/2024	MDA	JMM

IP8 (A26) - LIGAÇÃO ENTRE SINES E A2
LANÇON IP8 ENTRE RONÇÃO E GRÁNDOLA
AUMENTO DE CAPACIDADE

DESIGNAÇÃO: INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS
PROJETO EXECUÇÃO DRENAGEM
BACIAS HIDROGRÁFICAS

DESENHO Nº: RVGR-PE-T2-P2-GE-04
SUBSTITUIÇÃO: _____
SUBSTITUÍDO: _____
FORMATO: A1 REDUZIDO A3

ESTE DESENHO É PROPRIEDADE INTELECTUAL DA EDGAR CARDOSO ENGENHARIA, NÃO PODENDO SER REPRODUZIDO OU USADO PARA QUALQUER PROPÓSITO, A NÃO SER O RECIDUO, SEM PRÉVIA AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO.

2.2 Pontos de Descarga das Águas de Escorrência da Via

No Quadro 2 são referidos os principais pontos de descarga associados a cada uma das bacias recetoras. Nesse quadro são também referidos os locais / linhas de água / passagens hidráulicas para onde são drenadas as águas de escorrência da plena via.

Quadro 2 – Principais Pontos de Descarga

Bacias	Principais pontos de descarga	Local de descarga	Bacias	Principais pontos de descarga	Local de descarga
B 28.01	28+034 e	PH 28.01	B 36.02	36+623 e	PH 36.02
B 28.02	28+175 e	PH 28.02	B 36.03	36+704 e	PH 36.03
B 28.03	28+689 e	PH 28.03	B 36.04	36+811 e	PH 36.04
B 28.04	28+846 e	PH 28.04	B 37.01	37+269 d	PH 37.01
B 29.01	29+225 e	PH 29.01	B 37.03	37+643 d	PH 37.03
B 29.02	29+493 e	PH 29.02	B 37.04	37+878 e	PH 37.04
B 29.03	29+806 e	PH 29.03	B 38.01	38+018 e	PH 38.01A
B 29.04	29+879 e	PH 29.04	B 38.01	38+176 e	PH 38.01
B 30.01	30+239 e	PH 30.01	B 38.02	38+256 e	PH 38.02
B 30.02	30+466 d	PH 30.02	B 38.03	38+434 e	PH 38.03
B 30.03	30+600 e	PH 30.03	B 38.04	38+531 e	PH 38.04
B 30.04	30+714 e	PH 30.04	B 39.01	39+176 d	PH 39.01
B 30.05	30+832 e	PH 30.05	B 39.02	39+980 d	PH 39.02
B 31.01	31+694 e	PH 31.01	B 40.01	40+264 d	PH 40.01
B 31.02	31+817 e	PH 31.02	B 40.02	40+482 d	PH 40.02
B 31.03	31+959 e	PH 31.03	B 40.03	40+660 d	PH 40.03
B 32.01	32+488 e	PH 32.01	B 40.04	40+864 d	PH 40.04
B 33.01	33+068 d	PH 33.01	B 41.01	41+008 d	PH 41.01
B 33.02	33+473 e	PH 33.02	B 41.02	41+083 d	PH 41.02
B 33.03	33+608 e	PH 33.03	B 41.03	41+674 d	PH 41.03
B 33.04	33+757 e	PH 33.04	B 42.01	42+143 d	PH 42.01
B 34.01	34+129 d	PH 34.01	B 42.02	42+416 e	PH 42.02
B 34.02	34+365 d	PH 34.02	B 42.03	42+867 e	PH 42.03
B 34.03	34+470 d	PH 34.03	B 43.01	43+421 e	PH 43.01
B 34.04	34+811 e	PH 34.04	B 43.02	43+608 e	PH 43.02
B 34.05	34+885 e	PH 34.05	B 44.01	44+749 e	PH 44.01
B 35.01	35+214 d	PH 35.01	B 45.01	45+475 d	PH 45.01
B 35.02	35+648 e	PH 35.02	B 47.01	47+072 d	PH 47.01
B 35.03	35+893 e	PH 35.03	B 47.02	47+857 d	PH 47.02
B 36.01	36+291 d	PH 36.01			

Legenda:

d - do lado direito da via

e - do lado esquerdo da via

3. MÉTODOS UTILIZADOS

O modelo de *Driver e Tasker*, utilizado na previsão da massa e volumes de águas de escorrência dos pavimentos de estradas, e consequentemente na concentração de poluentes das águas de escorrência, consiste num modelo de regressão, onde determinadas características físicas, de uso do solo e climáticas, são elevados a coeficientes que poderão ser determinados através de resultados analíticos reais.

Os autores do modelo apresentam uma equação com diversas variáveis calculadas com base no projeto e em publicações meteorológicas para a região em estudo, mas admitem também a utilização de equação simplificada, ou seja, com menor número de características físicas.

Tendo-se concluído, em estudos levados a cabo do LNEC que, recorrendo à equação simplificada se alcançam valores aceitáveis, serão seguidas neste estudo as orientações definidas pelo LNEC.

As concentrações após descarga das águas de escorrência da via foram calculadas através de um balanço de massas simples, onde entram os dados relativos às bacias recetoras.

Descreve-se nos pontos seguintes os métodos matemáticos adotados, bem como as premissas em que estes assentam e os dados de base utilizados.

O modelo simplificado de *Driver e Tasker* baseia-se nas seguintes equações idênticas, sendo que através da primeira são calculadas as cargas poluentes, e da segunda, os volumes de escorrência:

$$L_p (\text{kg}) = \beta_0 \times X_1^{\beta_1} \times X_2^{\beta_2} \times X_3^{\beta_3} \times BCF \times 0,4536$$

$$L_{RUN} (\text{m}^3) = \beta_0 \times X_1^{\beta_1} \times X_2^{\beta_2} \times X_3^{\beta_3} \times BCF \times 0,02832$$

Em que:

L_p = Carga poluente no ponto de descarga (em kg)

L_{RUN} = Volume de escorrência (em m³)

X_1, X_2 e X_3 = Características físicas

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = Coeficientes de regressão

BCF = Fator de correção dos desvios à mediana e de compensação da resposta média

Os poluentes tabelados no Quadro 3 correspondem àqueles que segundo o LNEC são os mais medidos em estradas portuguesas, ou seja, sólidos suspensos totais, zinco e cobre.

Quadro 3 – Coeficientes de regressão para calcular de forma simplificada cargas poluentes (SST, Zn e Cu) e volumes (RUN)

Coeficientes β	β_0	Hr	A	I+1	BCF
		mm/25,4	km ² /2,59	%	
SS II	20	1,236	0,436	0,202	1,6
SS III	97,7	1,002	1,009	0,837	2,818
Zn II	0,059	0,88	0,808	1,108	1,813
Zn III	0,034	0,793	0,628	1,104	2,533
Cu II	0,013	0,504	0,585	0,816	1,548
Cu III	0,026	0,715	0,609	0,642	2,819
RUN II	62951	1,127	0,809	0,522	0,9
RUN III	32196	1,042	0,826	0,669	1,525

Em que: Hr = Volume total da chuva em mm
A = Área total de drenagem em km²
I = % de área de drenagem impermeabilizada

Para cada um destes poluentes, os coeficientes a utilizar dependem da precipitação média anual na zona em que se insere a estrada, tendo sido consideradas, no território nacional, duas categorias:

II 508-1020 mm

III ≥ 1020 mm

Entre os parâmetros físicos (X_n) referidos no rodapé do quadro anterior, a calcular para cada ponto de descarga, dois (A e I) são calculados diretamente a partir do projeto de drenagem, mas o volume total da chuva tem que ser calculado a partir do conhecimento da duração da chuva representativa para a região em causa (considerando-se que esta corresponde ao tempo necessário para lavagem das áreas de drenagem associadas a cada um dos pontos de descarga, ou seja, idêntica ao tempo de concentração das águas da área de drenagem).

Conforme as orientações do LNEC, o cálculo do tempo de concentração, pode ser efetuado tendo em conta a fórmula de Kirpich e o volume correspondente a essa chuva, através das tabelas de Brandão *et al* (2000) para um período de retorno de 2 anos considerando a estação udométrica mais próxima de cada área de drenagem.

No presente caso a estação udométrica das tabelas de Brandão *et al* (2000) mais próxima da zona em estudo é a de Sines (26G/01).

Considerou-se que a área de drenagem se encontrava circunscrita à faixa da estrada pelo que para o parâmetro I (% de área de drenagem impermeabilizada) foi adotado o valor 100%.

Os valores de base utilizados no caso em estudo para os vários pontos de descarga estão referidos no Quadro 4.

Quadro 4 – Características físicas dos reais Pontos de Descarga

Bacias	Principais pontos de descarga	"Xn"		
		Volume total da chuvada "Hr" (mm)	A. total drenagem via "A" (km ²)	Area Imperm."I" (%)
B 28.01	28+034 e	16,13	0,005	100,00
B 28.02	28+175 e	13,79	0,004	100,00
B 28.03	28+689 e	18,78	0,012	100,00
B 28.04	28+846 e	22,87	0,012	100,00
B 29.01	29+225 e	14,58	0,007	100,00
B 29.02	29+493 e	14,84	0,007	100,00
B 29.03	29+806 e	13,79	0,002	100,00
B 29.04	29+879 e	18,89	0,006	100,00
B 30.01	30+239 e	15,11	0,003	100,00
B 30.02	30+466 d	15,84	0,004	100,00
B 30.03	30+600 e	14,17	0,003	100,00
B 30.04	30+714 e	16,16	0,005	100,00
B 30.05	30+832 e	17,44	0,006	100,00
B 31.01	31+694 e	31,32	0,022	100,00
B 31.02	31+817 e	15,01	0,003	100,00
B 31.03	31+959 e	22,28	0,011	100,00
B 32.01	32+488 e	24,35	0,010	100,00
B 33.01	33+068 d	24,28	0,006	100,00
B 33.02	33+473 e	22,74	0,009	100,00
B 33.03	33+608 e	14,40	0,003	100,00
B 33.04	33+757 e	17,07	0,004	100,00
B 34.01	34+129 d	20,86	0,008	100,00
B 34.02	34+365 d	23,35	0,008	100,00
B 34.03	34+470 d	17,49	0,006	100,00
B 34.04	34+811 e	13,79	0,003	100,00
B 34.05	34+885 e	18,76	0,008	100,00
B 35.01	35+214 d	17,45	0,004	100,00
B 35.02	35+648 e	21,96	0,006	100,00
B 35.03	35+893 e	16,78	0,006	100,00
B 36.01	36+291 d	25,03	0,017	100,00
B 36.02	36+623 e	13,79	0,002	100,00
B 36.03	36+704 e	13,79	0,002	100,00
B 36.04	36+811 e	20,26	0,008	100,00
B 37.01	37+269 d	23,97	0,007	100,00
B 37.03	37+643 d	21,65	0,006	100,00
B 37.04	37+878 e	16,65	0,004	100,00
B 38.01	38+018 e	25,35	0,006	100,00
B 38.01	38+176 e	13,79	0,002	100,00
B 38.02	38+256 e	13,79	0,004	100,00
B 38.03	38+434 e	13,79	0,003	100,00
B 38.04	38+531 e	16,50	0,009	100,00
B 39.01	39+176 d	16,89	0,007	100,00

Bacias	Principais pontos de descarga	"Xn"		
		Volume total da chuvada "Hr" (mm)	A. total drenagem via "A" (km ²)	Area Imperm."I" (%)
B 39.02	39+980 d	18,45	0,013	100,00
B 40.01	40+264 d	15,09	0,009	100,00
B 40.02	40+482 d	13,79	0,002	100,00
B 40.03	40+660 d	13,79	0,004	100,00
B 40.04	40+864 d	13,79	0,007	100,00
B 41.01	41+008 d	13,79	0,002	100,00
B 41.02	41+083 d	13,79	0,001	100,00
B 41.03	41+674 d	17,54	0,014	100,00
B 42.01	42+143 d	17,36	0,012	100,00
B 42.02	42+416 e	13,79	0,006	100,00
B 42.03	42+867 e	16,89	0,010	100,00
B 43.01	43+421 e	18,59	0,013	100,00
B 43.02	43+608 e	13,79	0,004	100,00
B 44.01	44+749 e	24,73	0,028	100,00
B 45.01	45+475 d	21,90	0,016	100,00
B 47.01	47+072 d	32,99	0,036	100,00
B 47.02	47+857 d	45,34	0,028	100,00

Para o cálculo do acréscimo de concentração após descarga das águas de escorrência da via nas bacias receptoras utilizou-se, como já referido, um balanço de massas.

$$C_a = \frac{C_e \times Q_e}{Q_e + Q_m}$$

Em que:

C_a = Acréscimo de concentração do poluente após diluição na bacia (mg/l)

C_e = Concentração do poluente nas águas de escorrência de cada troço (mg/l)

Q_e = Caudal das águas de escorrência da via (m³/dia)

Q_m = Caudal da linha de água receptora (m³/dia)

O Q_m e Q_e podem ser calculados através da seguinte expressão:

$$Q_m \text{ ou } Q_e = f_{\text{esc}} \times E \times A$$

Q_m (Q_e) = Caudal médio diário, m³/dia;

f_{esc} = Fator de escoamento

E = Escoamento, m³/km².dia

A = Área de drenagem, km²;

No cálculo do escoamento (E) foi considerada a situação mais desfavorável – semestre seco –, uma vez que se admite que ocorrem períodos sem chuva, ao longo dos quais os poluentes se acumulariam na plataforma da via, sendo depois removidos no primeiro dia de precipitação com intensidade apreciável ($R \geq 10$ mm).

Deste modo, as quantidades de poluentes, a magnitude dos caudais de diluição, bem como os resultados obtidos, correspondem a médias diárias dos valores a serem observados durante o dia no semestre seco em que ocorre a primeira chuvada.

Por questões de simplicidade de cálculo admitiu-se que, no período seco, os dias sem chuva seriam igualmente espaçados no tempo e teriam a mesma duração, sendo possível demonstrar que o período de acumulação do poluente, Δt_s , é:

$$\Delta t_s = \frac{n^\circ \text{ de dias no período}}{n^\circ \text{ de dias de chuva}} - 1$$

O número de dias de chuva calcula-se através dos dados da estação udométrica mais próxima da área em estudo, que neste caso é a Estação Climatológica de Sines.

O número de dias do período obtém-se através da soma dos dias relativos aos meses do semestre seco, ou seja, dos meses de abril a setembro inclusive. Este número é o mesmo para todos os casos, e é igual a 183 dias. No Quadro 5 apresentam-se os dados udométricos relativos à estação utilizada.

Quadro 5 – Dados Udométricos da Estação Climatológica de Sines

Meses	Precipitação Total R (mm)	n.º dias c/ R > 10 mm
Jan	72,8	2,1
Fev	56,7	2,0
Mar	39,1	1,0
Abr	48,5	1,4
Mai	32,3	1,0
Jun	7,9	0,3
Jul	2,9	0,1
Ago	2,0	0,0
Set	19,1	0,4
Out	60,2	2,0
Nov	85,1	1,8
Dez	84,4	2,5
Total	511,0	14,6

Fonte: INMG (1990)

4. ENQUADRAMENTO LEGAL

4.1 Valores Legais Aplicáveis aos Pontos de Descarga das Águas de Escorrência da Via

Embora o Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, não contemple Valores Limite de Emissão para águas de escorrência da via, os acréscimos de poluentes nas águas de escorrência serão comparados, a título indicativo, com os valores estipulados no Anexo XVIII, referente às descargas de águas residuais (Quadro 6). Estes acréscimos serão ainda comparados com os valores de qualidade das águas superficiais destinadas à rega.

Quadro 6 – Valores Limite de Emissão (VLE) na Descarga de Águas Residuais e Qualidade das Águas Destinadas a Rega

Parâmetros	VLE ⁽¹⁾	Rega	
		VMR	VMA
Sólidos Suspensos Totais (mg/l)	60	60	---
Zinco (mg/l Zn)	5,0 ⁽²⁾	2,0	10,0
Cobre (mg/l Cu)	1,0	0,2	5,0

(1) VLE – Valor Limite de Emissão, entendido como a média aritmética das médias diárias referentes aos dias da laboração de um mês, que não deve ser excedido. O valor diário, determinado com base numa amostra representativa da água residual descarregada durante um período de vinte e quatro horas, não poderá exceder o dobro do valor médio mensal.

(2) Com a revogação do DL n.º 74/90, de 7 de março, as normas referentes ao zinco não foram incluídas no Anexo XVIII (valores limite de emissão na descarga de águas residuais) do DL n.º 236/98, de 1 de agosto. O valor refere-se ao VMA do DL n.º 74/90, de 7 de março.

Fonte: Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto
 Anexo XVI – Qualidade das Águas Destinadas a Rega
 Anexo XVIII – Valores Limite de Emissão na Descarga de Águas Residuais

4.2 Valores Legais Aplicáveis às Linhas de Água Recetoras

Para analisar os acréscimos de poluentes nas linhas de água, utilizou-se os padrões de qualidade expressos no Quadro 7 para os seguintes usos de água:

- Qualidade das águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano (tratamentos A2 e A3), uma vez que o traçado, aproximadamente ao pK 30 (Nó Cruz de João Mendes) abrange zonas de proteção alargada de captações de água para abastecimento público;
- Qualidade das águas superficiais destinadas à rega, dado que o traçado intersecta pontualmente algumas áreas agrícolas e de pastagens;
- Qualidade mínima para as águas superficiais.

Quadro 7 – Valores Legais para Comparação com as Concentrações nas Linhas de Água após Receção das Águas de Escorrência da Via

Parâmetros	Rega		Prod. p/ Cons. Humano				Qual. Mínima
			A2		A3		
	VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA	
SST (mg/l)	60	---	---	---	---	---	---
Zinco (mg/l Zn)	2,0	10,0	1,0	5,0	1,0	5,0	0,5
Cobre (mg/l Cu)	0,2	5,0	0,05	---	1,00	---	0,1

Fonte: Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto
 Anexo I – Qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano
 Anexo XVI – Qualidade das águas destinadas à rega
 Anexo XXI – Qualidade mínima para as águas superficiais

5. RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES

Neste ponto será feita a análise dos resultados obtidos nas simulações realizadas para a qualidade da água das nos reais pontos de descarga e após descarga nas bacias recetoras das águas de escorrência da via, bem como a sua comparação com a legislação aplicável referida no ponto anterior.

5.1 Concentração de Poluentes nos Pontos de Descarga das Águas de Escorrência da Via

Os resultados obtidos para a concentração nos vários pontos de descarga e os Valores Limite de Emissão (VLE) na Descarga de Águas Residuais e Valores Máximos Recomendados (VMR) e os Valores Máximos Admissíveis (VMA) para a Qualidade das Águas Destinadas a Rega estão referidos no Quadro 8.

Quadro 8 – Concentrações nos reais Pontos de Descarga e Valores Legais Aplicáveis

Bacias	Principais pontos de descarga	Concentração no Ponto Descarga (mg/L)		
		SST	Zn	Cu
B 28.01	28+034 e	19,58	0,23	0,01
B 28.02	28+175 e	22,38	0,24	0,02
B 28.03	28+689 e	15,00	0,22	0,01
B 28.04	28+846 e	15,19	0,21	0,01
B 29.01	29+225 e	17,65	0,23	0,01
B 29.02	29+493 e	17,55	0,23	0,01
B 29.03	29+806 e	29,71	0,24	0,02
B 29.04	29+879 e	18,85	0,22	0,01
B 30.01	30+239 e	24,56	0,23	0,02
B 30.02	30+466 d	21,07	0,23	0,01
B 30.03	30+600 e	23,76	0,24	0,02
B 30.04	30+714 e	20,76	0,23	0,01
B 30.05	30+832 e	19,26	0,22	0,01
B 31.01	31+694 e	12,48	0,19	0,01
B 31.02	31+817 e	22,93	0,23	0,01
B 31.03	31+959 e	15,57	0,21	0,01
B 32.01	32+488 e	16,39	0,21	0,01
B 33.01	33+068 d	19,97	0,21	0,01
B 33.02	33+473 e	16,64	0,21	0,01
B 33.03	33+608 e	25,80	0,24	0,02
B 33.04	33+757 e	21,63	0,23	0,01
B 34.01	34+129 d	17,53	0,21	0,01
B 34.02	34+365 d	17,71	0,21	0,01
B 34.03	34+470 d	18,47	0,22	0,01
B 34.04	34+811 e	24,31	0,24	0,02
B 34.05	34+885 e	17,33	0,22	0,01
B 35.01	35+214 d	21,51	0,22	0,01
B 35.02	35+648 e	19,75	0,21	0,01
B 35.03	35+893 e	19,38	0,23	0,01

Bacias	Principais pontos de descarga	Concentração no Ponto Descarga (mg/L)		
		SST	Zn	Cu
B 36.01	36+291 d	13,42	0,20	0,01
B 36.02	36+623 e	29,42	0,24	0,02
B 36.03	36+704 e	26,42	0,24	0,02
B 36.04	36+811 e	17,65	0,22	0,01
B 37.01	37+269 d	18,75	0,21	0,01
B 37.03	37+643 d	19,03	0,21	0,01
B 37.04	37+878 e	21,75	0,23	0,01
B 38.01	38+018 e	19,44	0,20	0,01
B 38.01	38+176 e	26,42	0,24	0,02
B 38.02	38+256 e	21,92	0,24	0,01
B 38.03	38+434 e	25,50	0,24	0,02
B 38.04	38+531 e	16,46	0,23	0,01
B 39.01	39+176 d	17,82	0,23	0,01
B 39.02	39+980 d	14,35	0,22	0,01
B 40.01	40+264 d	16,14	0,23	0,01
B 40.02	40+482 d	25,76	0,24	0,02
B 40.03	40+660 d	21,31	0,24	0,01
B 40.04	40+864 d	17,54	0,24	0,01
B 41.01	41+008 d	27,48	0,24	0,02
B 41.02	41+083 d	39,96	0,24	0,02
B 41.03	41+674 d	13,98	0,22	0,01
B 42.01	42+143 d	14,85	0,22	0,01
B 42.02	42+416 e	19,03	0,24	0,01
B 42.03	42+867 e	15,40	0,23	0,01
B 43.01	43+421 e	14,38	0,22	0,01
B 43.02	43+608 e	21,09	0,24	0,01
B 44.01	44+749 e	11,17	0,21	0,01
B 45.01	45+475 d	13,45	0,21	0,01
B 47.01	47+072 d	10,40	0,19	0,01
B 47.02	47+857 d	11,80	0,18	0,00
VLE_{Aguas Res} (mg/l)		60	"5"	1,0
VMR_{Rega} (mg/l)		60	2	0,2
VMA_{Rega} (mg/l)		---	10	5

Comparando os valores de concentração de poluentes previstos nas águas de escorrência com os valores limite legislados é possível concluir-se que os valores calculados estão, de uma maneira geral, muito abaixo dos valores limite de emissão para a descarga de águas residuais (VLE) e dos valores máximos recomendados para a qualidade das águas destinadas à rega (VMR).

Deste modo conclui-se que, mesmo nas circunstâncias e condições extremas analisadas, a qualidade das águas, descarregadas da plataforma da via, estão dentro de padrões de qualidade aceitáveis.

5.2 Concentração de Poluentes após Diluição nas Linhas de Água Recetoras

Os resultados obtidos para a concentração nas linhas de água recetoras antes e após descarga das águas de escorrência da via e os Valores Máximos Recomendados (VMR) e os Valores Máximos Admissíveis (VMA) para a qualidade das águas destinadas a Rega, águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humano (tratamentos A2 e A3) e Qualidade mínima para as águas superficiais estão referidos no Quadro 9.

Comparando os objetivos de qualidade da água para águas destinadas à rega, à produção de água para consumo humano e qualidade mínima para as águas superficiais, expressos no Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de agosto, com os acréscimos de concentração em cada uma das linhas de água após receção das águas de escorrência, verifica-se que em todos os casos são cumpridos os valores limite considerados.

Quadro 9 – Concentrações nas Linhas de Água recetoras após Descarga das Águas de Escorrência da Via e Valores Legais Aplicáveis

Bacia	C após diluição nas linhas de água (mg/L)		
	SST	Zn	Cu
B 28.01	13,05	0,152	0,008
B 28.02	14,92	0,158	0,010
B 28.03	10,00	0,147	0,006
B 28.04	10,13	0,140	0,006
B 29.01	11,76	0,156	0,008
B 29.02	11,70	0,156	0,008
B 29.03	19,81	0,159	0,012
B 29.04	12,57	0,147	0,007
B 30.01	16,37	0,155	0,010
B 30.02	14,05	0,153	0,009
B 30.03	15,84	0,157	0,010
B 30.04	13,84	0,152	0,009
B 30.05	12,84	0,149	0,008
B 31.01	8,32	0,129	0,004
B 31.02	15,28	0,155	0,010
B 31.03	10,38	0,141	0,006
B 32.01	10,92	0,138	0,006
B 33.01	13,31	0,138	0,006
B 33.02	11,09	0,140	0,006
B 33.03	17,20	0,157	0,011
B 33.04	14,42	0,150	0,009
B 34.01	11,69	0,143	0,007
B 34.02	11,81	0,139	0,006
B 34.03	12,31	0,149	0,008
B 34.04	16,21	0,159	0,011
B 34.05	11,55	0,147	0,007
B 35.01	14,34	0,150	0,008
B 35.02	13,17	0,141	0,007
B 35.03	12,92	0,151	0,008

Bacia	C após diluição nas linhas de água (mg/L)		
	SST	Zn	Cu
B 36.01	8,95	0,137	0,005
B 36.02	19,61	0,159	0,012
B 36.03	17,62	0,159	0,011
B 36.04	11,77	0,144	0,007
B 37.01	12,50	0,138	0,006
B 37.03	12,69	0,142	0,007
B 37.04	14,50	0,151	0,009
B 38.01	12,96	0,136	0,006
B 38.01	17,62	0,159	0,011
B 38.02	14,61	0,158	0,010
B 38.03	17,00	0,159	0,011
B 38.04	10,97	0,151	0,007
B 39.01	11,88	0,151	0,008
B 39.02	9,56	0,147	0,006
B 40.01	10,76	0,155	0,008
B 40.02	17,18	0,159	0,011
B 40.03	14,21	0,158	0,010
B 40.04	11,69	0,158	0,009
B 41.01	18,32	0,159	0,011
B 41.02	26,64	0,159	0,014
B 41.03	9,32	0,149	0,006
B 42.01	9,90	0,150	0,007
B 42.02	12,69	0,158	0,009
B 42.03	10,27	0,151	0,007
B 43.01	9,58	0,147	0,006
B 43.02	14,06	0,158	0,010
B 44.01	7,45	0,137	0,004
B 45.01	8,97	0,141	0,005
B 47.01	6,93	0,127	0,004
B 47.02	7,87	0,118	0,003
VMR_{Rega} (mg/l)	60	2	0,2
VMA_{Rega} (mg/l)	---	10	5
VMR_{Prod_A2} (mg/l)	---	1,0	0,05
VMA_{Prod_A2} (mg/l)	---	5,0	---
VMR_{Prod_A3} (mg/l)	---	1,0	1
VMA_{Prod_A3} (mg/l)	---	5,0	---
Qual.min. (mg/l)	---	0,5	0,1

Deste modo, os acréscimos na concentração de poluentes previstos nas linhas de água principais após receção das águas de escorrência da via não alteram significativamente as concentrações verificadas nas linhas de água na zona a montante dos pontos de descarga.

5.3 Considerações Finais

Verificou-se que os impactes da exploração da via ao nível da qualidade da água são de um modo geral reduzidos, pois, embora se verifique um acréscimo da concentração de poluentes nas linhas de água, os valores estimados são muito inferiores aos respetivos limites legais.



ANEXO 5 – QUALIDADE DO AR



ANEXO 5.1 – FASE DE CONSTRUÇÃO

QUALIDADE DO AR – FASE DE CONSTRUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A avaliação de impactes, da fase de construção, na qualidade do ar foi feita com recurso à modelação da dispersão de poluentes, designadamente das PM₁₀, considerando as fontes de poluentes presentes durante esta fase.

O modelo adotado para a modelação da qualidade do ar foi o modelo AERMOD. Este modelo é um modelo gaussiano, que permite simular a dispersão de poluentes na atmosfera, em terreno liso ou acidentado. Este modelo tem em conta o efeito de *downwash* aerodinâmico provocado por edifícios localizados na vizinhança das fontes de emissão e utiliza dados meteorológicos, horários, em tempo real, de um período anual ou plurianual.

Como concentração de fundo das PM₁₀ foi considerada a média dos valores obtidos, nos últimos quatro anos (2019 a 2022), na estação de Monte Velho, por ser a estação mais próxima da área de projeto.

Procede-se de seguida à descrição da metodologia utilizada na simulação da dispersão de poluentes atmosféricos, que teve em conta as seguintes etapas:

- a) Definição do Domínio de Simulação;
- b) Processamento do Modelo Digital do Terreno;
- c) Identificação e Caracterização das Principais Fontes Emissoras;
- d) Recolha e Processamento dos Dados Meteorológicos na Zona em Estudo;
- e) Aplicação do Modelo de Dispersão e Análise de Resultados.

2. DEFINIÇÃO DO DOMÍNIO DE SIMULAÇÃO

O domínio total de simulação considerado abrange uma malha cartesiana de 15 km × 15 km, com pontos de cálculo espaçados de 799 m. A cada ponto da malha corresponde um recetor, num total de 441 recetores.

Para além destes foi ainda selecionado um grupo de recetores sensíveis (ver FIG. 1), constituído pelas habitações mais próximas, localizadas na envolvente direta da zona de intervenção do projeto e fora da área apropriada, para as quais foram estimadas as concentrações de poluentes.

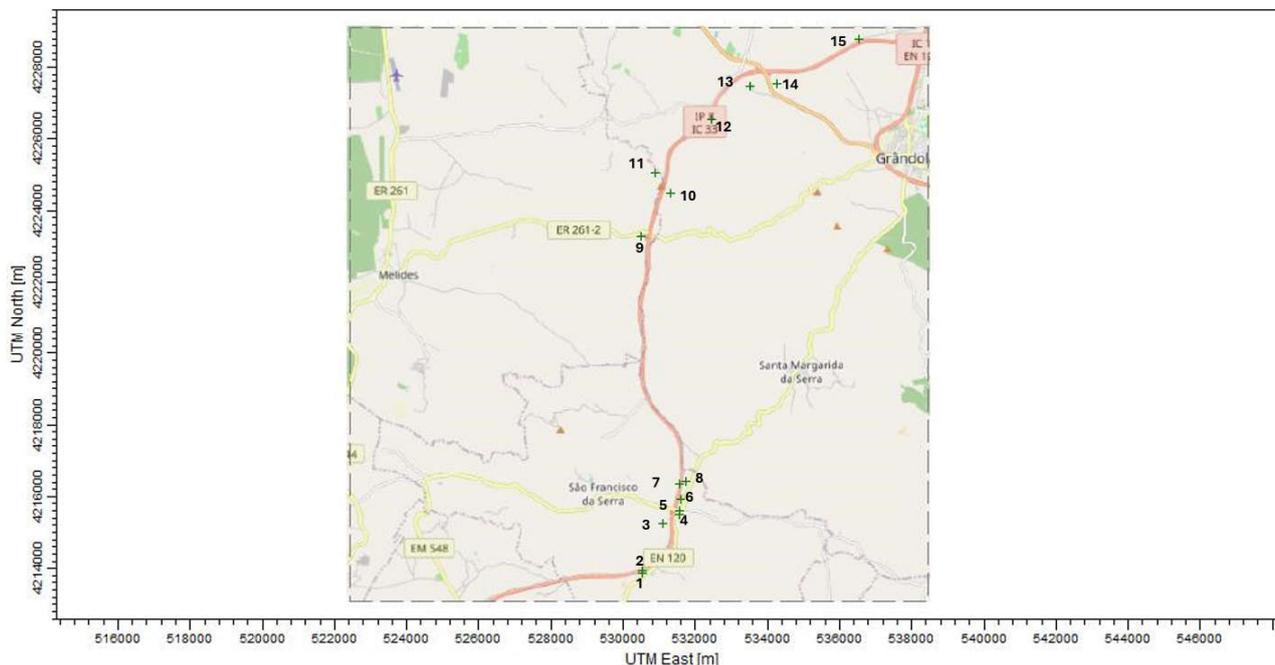


FIG. 1 – Recetores sensíveis selecionados na envolvente no Trecho 2 do IP8

3. PROCESSAMENTO DO MODELO DIGITAL DO TERRENO

A morfologia do terreno constitui uma variável importante na modelação da dispersão de poluentes atmosféricos, pelo que se teve em conta o relevo da zona de simulação.

Os dados de elevação do terreno foram os obtidos através do modelo digital de elevação SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). A Missão SRTM é um projeto conjunto entre a *National Geospatial-Intelligence Agency* (NGA) e a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

4. IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS FONTES EMISSORAS

Durante a fase de construção, em termos genéricos, os possíveis impactes poderão decorrer das seguintes ações de projeto:

- uso de veículos e de maquinaria pesada de obra;
- movimentação de terras;
- execução da estrutura da via.

A análise de impactes na qualidade do ar associados à emissão de partículas com origem na fase de construção foi realizada com base em fatores de emissão propostos no documento *Compilation of Air Pollution Emission Factors (AP-42), 5th edition*, da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA), designadamente o descrito:

- na secção 13.2.3 do guia AP-42 “*Heavy Construction Operations*”, no qual é definido o fator de emissão de partículas suspensas respiráveis (PM10) para atividades típicas de construção pesada (2,69 x 30% ton/ha/mês). No modelo de dispersão foi considerado que as atividades de construção decorrerão apenas em dias úteis de durante o período diurno.
- na secção 11.9.4 “*Western Surface Coal Mining*” do guia AP-42, no qual é estimado um fator de emissão de partículas respiráveis em suspensão (PM10) com origem em zonas decapadas 0.85 x 30% ton/ha/mês).

5. RECOLHA E PROCESSAMENTO DE DADOS METEOROLÓGICOS

Para a caracterização meteorológica anual da região (temperatura, precipitação, nebulosidade, direção e velocidade do vento) foram considerados os dados meteorológicos horários registados na estação meteorológica de Setúbal, durante o ano de 2022 (ano mais recente com dados completos), por ser a estação mais representativa da área em estudo que dispõe de dados meteorológicos horários. Foram ainda utilizados dados horários da altura da camada de mistura correspondentes ao ano de 2022, proveniente da estação mais próxima que monitoriza este parâmetro, dado que este parâmetro não é monitorizado na estação de Lisboa (aeroporto).

O facto de serem utilizados nas simulações dados meteorológicos horários monitorizados em estações relativamente próximas da área de projeto permite, por um lado, efetuar simulações que do ponto de vista da dispersão de poluentes representam condições bastante próximas das reais e por outro são avaliadas condições normais e críticas em termos meteorológicos.

Os ventos dominantes na região em estudo são oriundos dos quadrantes norte (N) e noroeste (NW), sendo também nestes quadrantes que se atingem as maiores velocidades.

6. APLICAÇÃO DO MODELO DE DISPERSÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Poluente Partículas

Atendendo à extensão do Trecho 2 a intervir, a modelação foi realizada apenas em troços com recetores sensíveis na envolvente imediata, designadamente entre o início do traçado e o km 31+000, e entre o km 35+500 e o final do traçado.

No quadro e figura seguintes apresentam-se os valores estimados a partir da aplicação do modelo de dispersão e a respetiva distribuição no domínio de simulação, para o poluente PM₁₀. A modelação realizada corresponde ao pior cenário que é a intervenção numa grande área em simultâneo, sem aplicação de medidas de minimização, como a aspersão de água no solo, medida esta que permite a redução significativa dos fatores de emissão considerados.

Quadro 1 – Resumo dos valores estimados para o poluente PM₁₀, nos recetores mais próximos do Trecho 2 do IP8, durante a fase de construção, e comparação com o valor limite diário estabelecido no Decreto-Lei n.º 102/2010, na sua atual redação – sem aplicação das medidas

Recetor	Localização		VLD (µg/m ³)	Fase de construção (36º máximo diário)
	X (m)	Y (m)		Sem medidas de minimização
1	530515,18	4213945,94	50 µg/m³ (permitidas 35 excedências no ano)	33
2	530538,09	4213857,38		44
3	531112,22	4215247,66		23
4	531545,11	421500,37		42
5	531557,32	4215603,44		33
6	531587,86	4215940,90		35
7	531548,16	4216366,92		42
8	531723,76	4216428,76		49
9	530498,28	4223278,93		56
10	531329,38	4224497,20		24
11	530878,55	4225046,10		20
12	532442,18	4226537,05		28
13	533523,19	4227462,19		36
14	534270,18	4227555,31		52
15	536549,62	4228773,93		28

Os resultados obtidos permitem observar, em dois recetores, a excedência do valor limite diário estabelecido para as PM₁₀.

Salienta-se, mais uma vez, que a situação simulada compreende a movimentação de terras, em simultâneo, em toda a área a intervir, correspondendo ao pior cenário. Não foi igualmente considerada a aplicação de medidas de minimização.

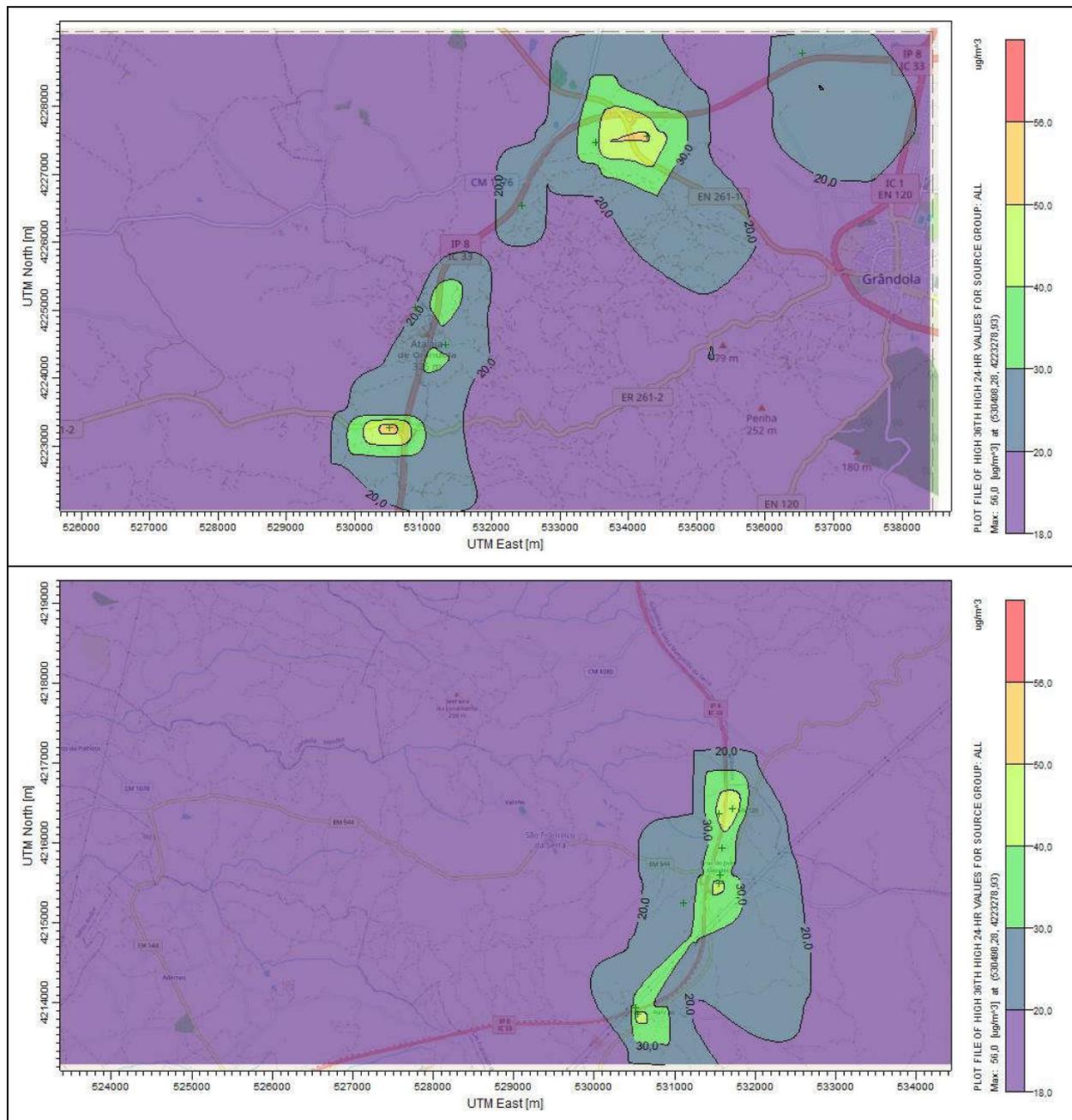


FIG. 2 – Campo estimado das concentrações médias diárias de PM₁₀ (µg/m³) verificadas no domínio em análise (considera a concentração de fundo na estação de Monte Velho) – sem a aplicação de medidas de minimização – sem aplicação das medidas

Na FIG. 3 é apresentada a modelação, considerando a aplicação de medidas de minimização, designadamente a aspersão de água no solo, a qual permite a redução do fator de emissão acima dos 50 % (*Control of Open Fugitive Dust Sources*, EPA-450/3-98-008).

Considerando uma eficiência de 50%, verifica-se o cumprimento integral dos VLD para as PM₁₀ (Quadro 2).

Quadro 2 – Resumo dos valores estimados para o poluente PM₁₀, nos recetores mais próximos do Trecho 2 do IP8, durante a fase de construção, e comparação com o valor limite diário estabelecido no Decreto-Lei n.º 102/2010, na sua atual redação – com aplicação das medidas

Recetor	Localização		VLD (µg/m ³)	Fase de construção (36º máximo diário)
	X (m)	Y (m)		Sem medidas de minimização
1	530515,18	4213945,94	50 µg/m³ (permitidas 35 excedências no ano)	26
2	530538,09	4213857,38		31
3	531112,22	4215247,66		21
4	531545,11	421500,37		30
5	531557,32	4215603,44		25
6	531587,86	4215940,90		27
7	531548,16	4216366,92		36
8	531723,76	4216428,76		39
9	530498,28	4223278,93		35
10	531329,38	4224497,20		21
11	530878,55	4225046,10		19
12	532442,18	4226537,05		23
13	533523,19	4227462,19		26
14	534270,18	4227555,31		35
15	536549,62	4228773,93		23

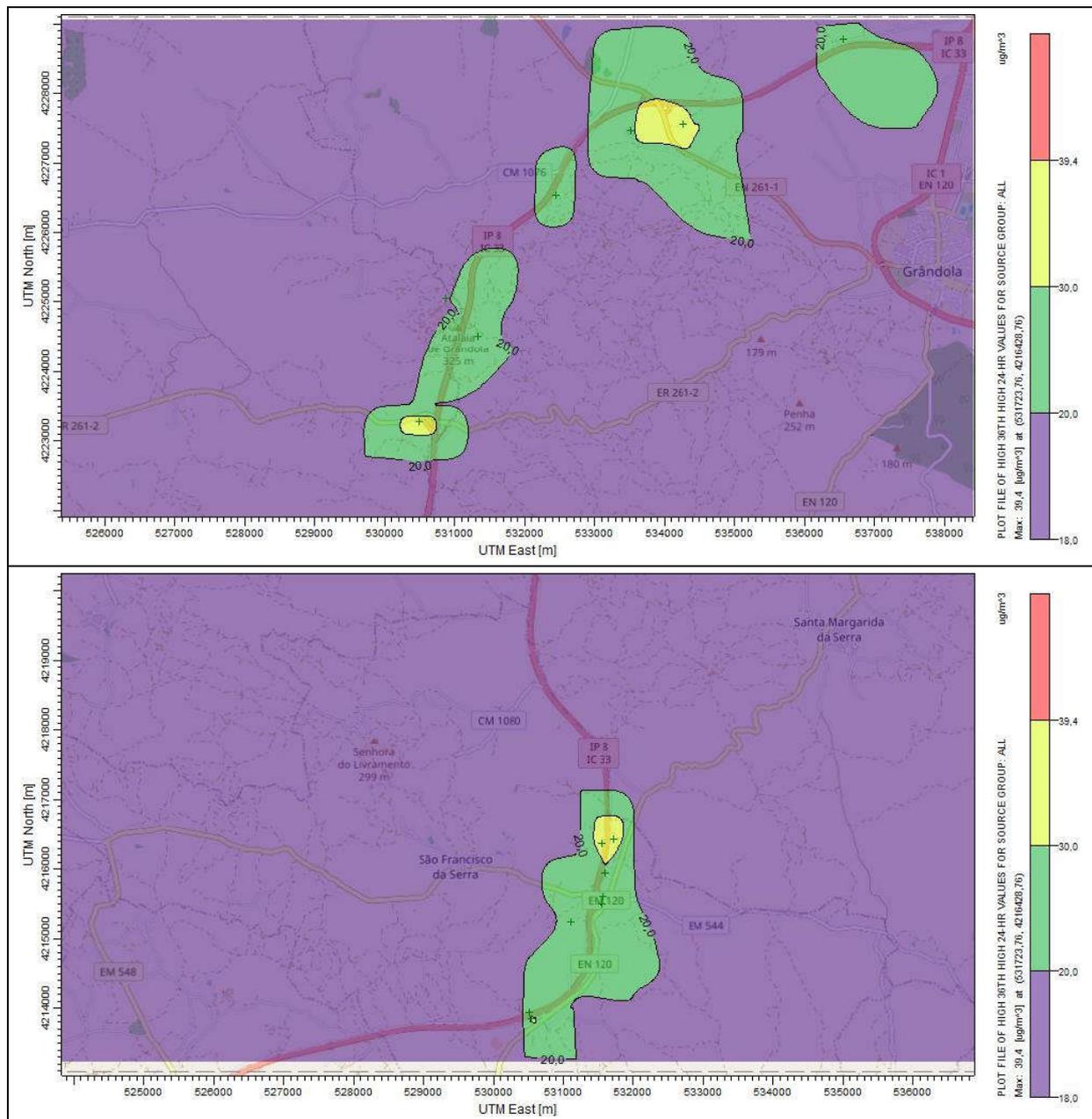


FIG. 3 – Campo estimado das concentrações médias diárias de PM₁₀ (µg/m³) verificadas no domínio em análise (considera a concentração de fundo na estação de Monte Velho) – com aplicação de medidas de minimização – com aplicação das medidas



ANEXO 5.2 – FASE DE EXPLORAÇÃO

QUALIDADE DO AR – FASE DE EXPLORAÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Os impactos na qualidade do ar, provocados pela exploração do Trecho 2 entre o km 26+850 e o km 48+304 do Lanço entre Roncão e Grândola do IP8 em estudo, foram determinados com base na aplicação do modelo matemático de dispersão de poluentes na atmosfera, **CALINE 4**, do tipo Gaussiano, desenvolvido pelo "Institute of Transportation Studies" na Universidade da Califórnia, com a colaboração da "California Department of Transportation" (Caltrans). Este modelo encontra-se amplamente divulgado e é recomendado pela "Environmental Protection Agency" (EPA) no cálculo da concentração de poluentes atmosféricos em torno de vias rodoviárias.

1.1 Características do Modelo

O modelo de dispersão de poluentes atmosféricos, **CALINE 4**, permite o cálculo das concentrações médias horárias de poluentes atmosféricos, diretamente ligados à circulação do tráfego rodoviário, nomeadamente:

- Monóxido de carbono (CO);
- Dióxido de azoto (NO₂);
- Partículas em suspensão (PM₁₀);
- Gases inertes.

O monóxido de carbono é um poluente primário e inerte, sendo produzido como resultado direto da combustão incompleta do combustível nos motores de combustão interna e é considerado não reativo (no intervalo temporal da análise).

O dióxido de azoto é também produzido em reações de combustão a elevada temperatura. Sob certas condições climáticas favoráveis (luz solar direta e calor) é o produto da oxidação do monóxido de azoto, podendo neste caso ser considerado um poluente secundário, tal como o ozono, compostos que se formam em resultado de reações químicas e na presença de poluentes primários.

As partículas em suspensão PM₁₀ são compostas por partículas sólidas de pequena dimensão (<10 µm) e de origem variada, a maioria resultante de reações de combustões incompletas.

1.2 Metodologia de Cálculo

Para o cálculo da concentração dos poluentes atmosféricos, o modelo baseia-se na equação de difusão Gaussiana para fontes lineares e utiliza o conceito de "zona de mistura" para caracterizar a dispersão de poluentes nas imediações da faixa de rodagem. Esta zona caracteriza-se como uma zona de emissões e turbulência uniformes.

Dentro da zona de mistura o modelo assume que os mecanismos de dispersão dominantes são, a turbulência mecânica provocada pelos veículos em movimento e a turbulência térmica induzida pelos gases de escape quentes provenientes do motor. Demonstrou-se que este cenário era válido para todas as condições de estabilidade atmosférica exceto as mais instáveis (onde o vento é o fator dominante de dispersão atmosférica).

A formulação Gaussiana é baseada em dois pressupostos que podem ser considerados restritivos: um escoamento horizontal e homogêneo do vento e condições meteorológicas estacionárias. A validade do modelo é questionável em casos de topografia acidentada, nomeadamente quando existe um redirecionamento dos ventos em função da topografia.

O modelo **CALINE 4** requer como dados de base uma série de parâmetros em diversas áreas, nomeadamente:

- Em relação à fonte emissora
 - Fatores de emissão de poluentes (massa de poluente por veículo e por milha percorrida);
 - Coordenadas de localização da estrada;
 - Altura de emissão;
 - Tipologia da estrada em relação aos perfis longitudinal e transversal;
 - Coeficiente de Rugosidade Aerodinâmico (cm);
 - Volume de tráfego (veículos por unidade de tempo);
- Dados meteorológicos
 - Direção e velocidade do vento em graus (Direção: N = 0°, E = 90°, S = 180°, O = 270°);
 - Variabilidade da Direção do Vento (graus);
 - Classe de estabilidade de Turner;
 - Altura da camada de mistura (m);
 - Temperatura ambiente (°C);
- Dados relativos aos recetores
 - Coordenadas de localização.

A aplicação do modelo matemático **CALINE 4** a um projeto rodoviário exige a divisão do traçado em troços, os quais deverão possuir características uniformes relativamente à largura, altura, volume de tráfego e fatores de emissão. Estes troços devem ainda ser uniformes relativamente à sua linearidade, sendo necessário adaptar ao traçado um conjunto limitado de segmentos retos.

Para cada troço são especificadas as suas coordenadas (x,y,z) de localização, tendo em conta um sistema de coordenadas de referência. A localização do recetor é indicada em termos das suas coordenadas x, y e z.

Assume-se que ao longo de toda a área de estudo a rugosidade da superfície e as variáveis meteorológicas (estabilidade atmosférica, velocidade e direção do vento) são uniformes.

Considera-se que a concentração dos poluentes na atmosfera é função somente do vento e dos fenómenos de dispersão associados à turbulência atmosférica, não sendo tidas em consideração as eventuais reações químicas que possam ocorrer, à exceção do dióxido de azoto.

O modelo permite o cálculo das concentrações de poluentes, considerando troços de estrada em aterro, em escavação ou em viaduto e em terreno praticamente plano. Sendo que a base de cálculo utilizada é a hora.

Refira-se que, devem ser tidas em consideração os vários pressupostos e limitações existentes, aquando da análise dos resultados obtidos a partir do modelo utilizado.

1.3 Pressupostos, Condições e Limitações da Simulação Matemática

A simulação matemática, efetuada com o objetivo de prever os impactes na qualidade do ar resultantes da fase de exploração da via em estudo, foi utilizada pressupondo as seguintes limitações e condições:

- Não se consideraram as vias que cruzam a estrada em estudo e respetivos acessos, uma vez que a determinação de concentrações junto destes locais apresenta algumas limitações, relacionadas com a dificuldade de estimar valores de emissão adequados em locais de grande variação de velocidade e aceleração;
- O modelo apresenta menor fiabilidade para velocidades reduzidas de vento, gerando valores de concentração ligeiramente superiores aos reais;
- Para cada um dos poluentes atmosféricos estudados, houve necessidade de introduzir dados independentemente do traçado da via como sejam:
 - Peso molecular dos poluentes;
 - As suas velocidades de deposição e de queda. A velocidade de deposição “*deposition velocity*” é a medida da taxa segundo a qual um poluente pode ser absorvido ou assimilado por uma superfície. A velocidade de queda “*settling velocity*” é a taxa segundo a qual uma partícula cai em relação ao seu meio envolvente, ou seja, é a componente vertical da velocidade no sentido descendente. A velocidade de deposição e de sedimentação foi considerada nula para o monóxido de carbono (CO), dióxido de azoto (NO₂). Para as partículas em suspensão PM₁₀ foram consideradas velocidades de 0,605 cm/s, partindo-se do princípio que o diâmetro médio das partículas é de 10 µm (lei de *Stokes*);
- Um outro aspeto que condiciona a utilização do modelo **CALINE 4** é o coeficiente de rugosidade aerodinâmica, que define o grau de rugosidade superficial do meio envolvente da estrada em análise, que está compreendido num intervalo de 3 a 400 cm, tendo sido atribuído à zona do traçado em estudo o valor constante de 10 cm, por ter sido aquele que melhor reflete as condições de utilização do solo;
- A concentração de poluentes atmosféricos foi simulada nos locais onde se verificou a ocorrência de recetores sensíveis à poluição atmosférica;
- Considerou-se que os recetores se encontravam a 1,7 m de altura;
- Relativamente à largura da camada de mistura, esta foi calculada somando à largura das faixas de rodagem, 3 m para cada lado. Assim, chegou-se a uma largura da camada de mistura de 28,6 m;
- Consideraram-se dois cenários meteorológicos: Cenário Típico – Condições meteorológicas típicas de ocorrência frequente e Cenário Desfavorável – Condições meteorológicas desfavoráveis, de ocorrência pouco frequente. Neste último cenário o modelo **CALINE 4** determina qual a direção do vento mais penalizante e a concentração daí decorrente;
- Realizaram-se simulações para o ano de início e ano horizonte de projeto ou seja 2023 e 2043, respetivamente.

Importa referir que o tráfego rodoviário foi fornecido pela IP e consiste no Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) para 2023, 2033 e 2043. Atendendo, todavia, à data de previsão de abertura ao tráfego do projeto em avaliação, que se estima venha a ocorrer em 2026, verifica-se que as previsões de tráfego efetuadas para os anos 2023, 2033 e 2043 devem ser assim transpostas respetivamente para os anos 2026, 2036 e 2046.

2. DADOS DE BASE

Em seguida apresentam-se os dados de base considerados nas simulações.

2.1 Enquadramento Legal

O Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro fixa os objetivos para a qualidade do ar ambiente, tendo em conta as normas, as orientações e os programas da Organização Mundial da Saúde, destinados a evitar, prevenir ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

De facto, a qualidade do ar ambiente é uma componente ambiental determinante, em particular para a saúde pública e para a qualidade de vida dos cidadãos. Por isso, o referido decreto-lei estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, atribuindo particular importância ao combate das emissões de poluentes na origem e à aplicação das medidas mais eficazes de redução de emissões, a nível local e nacional, como formas de proteção da saúde humana e do ambiente.

Os valores limite e as respetivas margens de tolerância, quando aplicáveis, das concentrações no ar ambiente dos poluentes dióxido de azoto, partículas em suspensão (PM₁₀), e monóxido de carbono são fixados no anexo XII do Decreto-Lei.

No Quadro 1 apresentam-se os valores normativos de qualidade do ar para o dióxido de azoto, partículas em suspensão (PM₁₀) e monóxido de carbono definidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º 43/2015, de 27 de março, e pelo Decreto-Lei n.º 47/2017, de 10 de maio, que são os poluentes simulados com recurso ao programa CALINE 4.

Quadro 1 – Valores Normativos da Qualidade do Ar

Poluente	Legislação	Período Considerado				
		1 h	8 h	24 h	Ano Civil	AOT40
Dióxido de Azoto	Valor Limite para Proteção da Saúde Humana	200 ⁽¹⁾	—	—	40	—
	Limiar de Alerta	400	—	—	—	—
Partículas em Suspensão (PM₁₀)	Valor Limite para Proteção da Saúde Humana	—	—	50 ⁽²⁾	40	—
Monóxido de Carbono	Valor Limite para Proteção da Saúde Humana ⁽³⁾	—	10 000	—	—	—

Notas:

- (1) – Valor Limite que não deve ser excedido mais de 18 vezes em cada ano civil.
- (2) – Valor Limite que não deve ser excedido em mais de 35 vezes em cada ano civil.

2.2 Fatores de Emissão

A quantificação dos fatores de emissão depende de vários fatores, nomeadamente a velocidade de circulação, a idade do veículo, bem como a sua potência e tipo de motor.

Para calcular estes fatores foi utilizado o COPERT IV (*“Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport”*), desenvolvido pela *European Environmental Agency*.

No Quadro 2 apresentam-se os fatores de emissão calculados.

Quadro 2 – Fatores Típicos de Emissão para Veículos Automóveis (g/km.veículo)

Poluentes	Veículos Ligeiros	Veículos Pesados
CO	2,06	0,67
NO	0,57	1,34
Partículas	0,03	0,16

COPERT IV

Os fatores de emissão foram convertidos em g/milha.veículo de modo a poderem ser utilizados no modelo de dispersão.

2.3 Troços em Estudo e Recetores Potencialmente Sensíveis

Na definição dos troços convém salientar que, estes mudam quando há alterações significativas na direção do traçado, no perfil longitudinal da via e/ou quando há alterações de tráfego. Assim, foram considerados neste estudo um total de 6 troços.

Foram considerados como recetores sensíveis todas as zonas habitacionais ou habitações isoladas que se encontrassem próximo do trecho do IP8 em estudo, numa faixa não superior a 200 m para cada lado da via.

No Quadro 3 apresenta-se a localização e as características dos recetores sensíveis considerados nas simulações.

É de referir que o programa calcula não só as concentrações estimadas para cada recetor tendo em conta a influência simultânea de todos os troços, mas também da contribuição de cada troço individualmente.

Quadro 3 – Localização dos Recetores Sensíveis

Ref. ^a	Localização (km) ¹	Localização		Distâncias à Via (m)		
		X	Y	20	100	200
1	27+780 (D)	-45544,569	-177066,595	X		
2		-45517,648	-177141,929		X	
3		-45483,998	-177236,098			X
4	27+780 (E)	-45558,029	-177028,928	X		
5		-45584,949	-176953,593		X	
6		-45618,6	-176859,425			X
7	29+975 (D)	-44577,204	-175302,589	X		
8		-44499,902	-175323,192		X	
9		-44403,276	-175348,946			X
10	29+975 (E)	-44615,854	-175292,287	X		
11		-44693,156	-175271,683		X	
12		-44789,782	-175245,929			X
13	46+860 (D)	-39325,499	-162346,259	X		
14		-39302,915	-162423,005		X	
15		-39274,686	-162518,938			X
16	46+860 (E)	-39336,791	-162307,885	X		
17		-39359,374	-162231,139		X	
18		-39387,603	-162135,206			X

(1) O lado da estrada onde se encontra o recetor (direito ou esquerdo) é atribuído considerando o sentido crescente da quilometragem;

2.4 Volume de Tráfego

No Quadro 4 apresentam-se os valores de Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) considerados para o ano de início do projeto (2023) e para o ano horizonte do projeto (2043).

Quadro 4 – Dados de Tráfego Médio Diário (veículos/dia)

Secção	Tráfego Médio Diário					
	2023			2043		
	Ligeiros	Pesados	Total	Ligeiros	Pesados	Total
Relvas Verdes – Roncão	5994	717	6711	7820	911	8731
Roncão – Carris de Baixo (ER261-2)	6742	806	7548	8797	1024	9821
Carris de Baixo (ER261-2) – Grândola Norte (IC1)	7105	937	8042	9272	1190	10462

Para converter os valores de Tráfego Médio Diário (TMD) em valores de Tráfego Médio Horário (TMH), de modo a serem introduzidos no modelo **CALINE 4**, utilizou-se o critério sugerido pelo "*Centre d'Études des Transports Urbains*", CETUR (NADEAU, P. e PONTHEIU, J.), que considera que o Tráfego Médio Diário se distribui por 16 horas, ou seja, $TMH = TMD/16$.

2.5 Concentração do Poluente em Estudo na Ausência do Projeto

As concentrações dos poluentes em estudo no ar ambiente, na ausência do projeto, estão referidas no Quadro 5 e tiveram em conta as seguintes considerações:

- Para os poluentes NO₂ e PM₁₀ foram considerados os valores de concentração medidos na estação de Monte Velho e no ano de 2021 (ano mais recente com dados válidos).
- Para o poluente CO não existem dados de concentração disponíveis.

Quadro 5 – Concentração do Poluente em Estudo na Ausência do Projeto

Poluente	Concentração no ar ambiente ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Monóxido de carbono (CO)	Não existem dados disponíveis
Dióxido de azoto (NO ₂)	3
Partículas (PM ₁₀)	20

2.6 Dados Meteorológicos

O transporte e dispersão de poluentes na atmosfera depende das condições meteorológicas locais nomeadamente da direção e velocidade do vento, estabilidade do ar na baixa troposfera e das inversões de temperatura do ar.

Com o objetivo de exprimir a estabilidade atmosférica, em consequência tanto da intensidade do vento - geradora de turbulência mecânica, como da radiação solar responsável pelos efeitos térmicos na estabilidade, definem-se de acordo com *Pasquill-Turner*, sete classes de estabilidade de A a G, resultantes de diferentes associações de condições de vento e radiação solar.

A Classe A corresponde à situação de maior instabilidade e a Classe G à mais estável, estando as restantes classes intermédias situadas em escalonamento progressivo, onde a Classe D traduz uma situação de neutralidade.

Com base no regime de ventos registado na Estação Meteorológica mais representativa da área em estudo (Sines / Montes Chãos), tentou definir-se dois cenários: um de ocorrência mais frequente (cenário típico) e outro que corresponde à situação mais desfavorável e menos frequente (cenário crítico).

Na estação climatológica considerada neste estudo, os ventos dominantes são de quadrante de Noroeste (26,3%) com uma velocidade média de aproximadamente 5,3 m/s, que constitui o cenário típico.

O cenário crítico corresponde a uma situação de grande estabilidade atmosférica e consequentemente de difícil dispersão de poluentes, caracterizada por ventos fracos e baixa altura da camada de mistura.

Esta situação é representativa de condições atmosféricas de calmaria, a que corresponde uma velocidade de vento inferior a 1 km/h e ocorre para a estação em análise com uma frequência de 3,0%. No que se refere à direção do vento, o CALINE seleciona para cada caso a direção que corresponde às concentrações mais desfavoráveis.

Um outro critério atmosférico usado no modelo é a variabilidade da direção do vento, definida no programa CALINE4 como o desvio padrão da direção do vento. Quanto maior o valor da variabilidade da direção do vento, melhores são as condições de dispersão dos poluentes.

Deste modo, optou-se por considerar o valor que traduz a pior situação na dispersão dos poluentes (variabilidade da direção do vento = 5°).

No quadro seguinte estão representados os parâmetros climatológicos utilizados na simulação dos cenários típicos e desfavoráveis, efetuada com o modelo CALINE 4, para o traçado do Trecho 2 entre o km 26+850 e o km 48+304 do Lanço entre Relvas Verdes e Roncão do IP8.

Quadro 6 – Cenários Meteorológicos

Parâmetro	Cenário Típico	Cenário Crítico
Velocidade do Vento (m/s)	5,3 m/s	0,5 m/s
Direção do Vento (°)	NO	Dados pelo CALINE 4 em função da localização de cada recetor em relação à estrada
Variabilidade da Direção do Vento (entre 5° e 60°)	5°	5°
Classe de estabilidade atmosférica de Turner	4 (D) – neutra	G (7) – extremamente estável
Altura da camada de mistura	1000 m	300 m
Temperatura Média	15,8	19,0 °C

2.7 Resultados Obtidos

No quadro seguinte são apresentados os resultados obtidos nos recetores considerados mais sensíveis, para o monóxido de carbono (8 horas), dióxido de azoto (1 hora) e partículas totais em suspensão, para o ano de início e horizonte de projeto.

No caso do poluente Monóxido de Carbono (CO) os valores obtidos nas simulações não permitem a comparação direta com os valores legislados (médias para 8 horas). Assim, as concentrações médias para 8 horas para o CO foram obtidas tendo em conta a aplicação do Fator de Persistência usualmente utilizado na literatura (0,5)

Os resultados obtidos, representam a concentração de poluentes que advêm da exploração do Trecho 2 entre o km 26+850 e o km 48+304 do Lanço entre Relvas Verdes e Roncão do IP8, considerando as concentrações típicas de poluentes atmosféricos preexistentes e as várias distâncias entre as fontes emissoras e os possíveis recetores (20, 100 e 200 m). Os resultados obtidos apresentam-se em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Quadro 7 – Concentração Estimada de Poluentes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) nos Vários Recetores – Anos 2023 e 2043

Distância à rodovia (m)	Recetor	Poluente	Cenário Típico		Cenário Crítico	
			2023	2043	2023	2043
20	1	CO	0	0	171,8	171,8
		NO ₂	3	3	19,12	38,24
		PTS	20,3	20,4	21,5	21,9
	4	CO	0	0	171,8	171,8
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,0	20,0	20,0	20,0
	7	CO	0	0	114,5	114,5
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,1	20,2	20,1	20,2
	10	CO	0	0	57,25	114,5
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,2	20,3	20,2	20,3
	13	CO	0	0	114,5	171,8
		NO ₂	3	3	19,12	38,24
		PTS	20,3	20,5	21,6	22,1
16	CO	0	0	171,8	171,8	
	NO ₂	3	3	3	3	
	PTS	20,0	20,0	20,0	20,0	
100	2	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	19,12	19,12
		PTS	20,1	20,1	20,8	21,1
	5	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,0	20,0	20,0	20,0
	8	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,1	20,1	20,1	20,1
	11	CO	0	0	114,5	171,8
		NO ₂	3	3	57,36	76,48
		PTS	20,0	20,0	24,0	25,0
	14	CO	0	0,1	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	19,12	19,12
		PTS	20,1	20,2	20,7	20,9
17	CO	0	0	57,25	57,25	
	NO ₂	3	3	3	3	
	PTS	20,0	20,0	20,0	20,0	

(Cont.)

(Cont.)

Distância à rodovia (m)	Receptor	Poluente	Cenário Típico		Cenário Crítico	
			2023	2043	2023	2043
200	3	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	19,12	19,12
		PTS	20,1	20,1	20,6	20,7
	6	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,0	20,0	20,0	20,0
	9	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,1	20,1	20,0	20,0
	12	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	19,12	19,12	19,12
		PTS	20,0	20,0	20,8	21,1
	15	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	19,12	19,12
		PTS	20,1	20,1	20,5	20,6
	18	CO	0	0	57,25	57,25
		NO ₂	3	3	3	3
		PTS	20,0	20,0	20,0	20,0

2.8 Análise de Resultados

Os valores estimados para os três poluentes em estudo, para o ano de arranque do projeto (2023) e para o ano horizonte de exploração (2043), foram comparados com os valores normativos estabelecidos no Decreto-Lei n.º 102/2010, de 23 de setembro, tendo-se verificado que:

- Relativamente ao Dióxido de Azoto (NO_2), todos os valores estimados são inferiores ao valor limite horário para a Proteção da Saúde Humana ($200 \mu g/m^3$, a não exceder mais de 18 vezes em cada ano civil) e ao Limiar de Alerta ($400 \mu g/m^3$);
- Os valores estimados para o Monóxido de Carbono (CO) para todos os recetores e para todos os anos analisados são inferiores ao valor limite estabelecido, para um período de 8 horas, no Decreto-Lei n.º 111/02, para a Proteção da Saúde Humana ($10\,000 \mu g/m^3$). De referir, que para o monóxido de carbono não existem dados respeitantes a concentrações de fundo na ausência do projeto;
- Para as *Partículas em Suspensão* (PM_{10}) existem somente valores legais relativos a valores limite diários e anuais (valores menos permissivos que os horários). Comparando os valores horários estimados com os valores legais para médias diárias (menos permissivos), verifica-se que, em todos os recetores e para os dois anos analisados, é cumprido o valor limite diário para Proteção da Saúde Humana (de $50 \mu g/m^3$, a não exceder em mais de 35 vezes em cada ano civil).

Assim, face aos resultados obtidos verifica-se que em condições meteorológicas típicas, os valores estimados para a concentração de poluentes no ar ambiente, para o ano de arranque do projeto (2023) e para o ano horizonte de exploração (2043) são sempre inferiores aos valores estabelecidos na legislação vigente.