

ESCORRÊNCIAS PLUVIAIS NA AUTO-ESTRADA A1 DIFERENTES CARACTERÍSTICAS EM 2002 E 2009

Ana Estela BARBOSA¹; João Nuno FERNANDES²

RESUMO

O projecto G-Terra teve início em Janeiro de 2008 e apresenta como uma tarefa a monitorização de escorrências em 5 estradas nacionais. A Auto-Estrada A1 encontrava-se definida como um dos casos de estudo, visto já ter sido objecto de um estudo de monitorização em 2002, permitindo efectuar uma comparação dos dados caracterizadores das escorrências ao fim de 7 anos. Nunca foi possível efectuar esta análise para nenhuma estrada nacional. Os resultados indicaram que os SST, óleos e gorduras e Fe apresentam uma concentração média muito inferior em 2009, comparada com 2002. O Pb quase não é quantificável, na monitorização de 2009, podendo-se dizer que “desapareceu” das escorrências da A1. O Zn e o Cu, apresentam em 2009 médias sensivelmente de metade das registadas em 2002. Esta avaliação temporal parece indicar que o Pb estará, definitivamente, fora da lista de poluentes chave em escorrências de estradas nacionais. Pelo contrário, o Cu será um parâmetro chave adequado, por apresentar estabilidade e constância na sua presença. Verificou-se tanto em 2002 como 2009 concentrações de SST, óleos e gorduras e Fe a excederem o VLE para descarga de águas residuais (Anexo XVIII do Decreto-Lei n.º236/98), confirmando-se a importância do sistema de tratamento existente.

PALAVRAS-CHAVE: *auto-estrada A1, escorrências de estradas, evolução temporal, monitorização, G-Terra, poluição.*

¹ Ph.D. em Biotecnologia e Eng. do Ambiente, Investigadora Auxiliar, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, aestela@lnec.pt

² Eng.º Civil, Bolseiro de Investigação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, jfernandes@lnec.pt

1 INTRODUÇÃO

1.1 Âmbito

O projecto G-Terra, “Directrizes para a Gestão Integrada das Escorrências de Estradas em Portugal”, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, teve início em Janeiro de 2008 e apresenta como uma das suas tarefas a monitorização de escorrências em 5 estradas nacionais (por ex., Barbosa *et al.*, 2008). A Auto-Estrada A1 encontrava-se, desde logo, definida como um dos casos de estudo, visto ser a Auto-Estrada portuguesa mais antiga, além de já ter sido objecto de um estudo de monitorização em 2002. Esta ocorreu no âmbito do “*Estudo, Avaliação e Gestão Ambiental das Águas de Escorrência de Estradas*” que o LNEC efectuou para o INAG entre 2002 e 2005 (Leitão *et al.*, 2005) e foi realizada à entrada da bacia de tratamento de Fátima.

Considerou-se ser interessante avaliar eventuais diferenças entre as características das escorrências, passados 7 anos sobre a primeira monitorização, análise que nunca foi possível efectuar para nenhuma estrada nacional.

Existem outros estudos, feitos sobre este local que, no entanto, tiveram por objectivo avaliar a eficácia de tratamento na bacia (Matos *et al.*, 1999 e Vieira *et al.*, 2001) e também os impactes da poluição das escorrências da A1 no meio ambiente na envolvente (Leitão *et al.*, 2005).

1.2 Descrição do local

O ponto de monitorização é o colector localizado na caixa de betão que constitui a entrada da bacia de tratamento das escorrências da A1. Essa bacia situa-se ao km 109+100, a Oeste da A1 antes do Nó de Fátima (sentido Sul-Norte, *cf.* Figura 1). Para este ponto convergem as águas de escorrência duma área de 26600 m², correspondente à extensão entre os km 108+150 ao km 109+100 e ainda 38000 m² correspondentes à bacia de drenagem da envolvente deste troço da A1. O piso da Auto-Estrada na zona de estudo não é drenante e a inclinação é de 2,95%.

O perfil transversal da Auto-Estrada A1, na extensão em causa, apresenta cerca de 28 m de largura total que correspondem a 2 faixas de rodagem por sentido, no total de 7,5 m; separador central de 4 m de largura; 2 bermas esquerdas de 1,0 m de largura e 2 bermas direitas de 3,5 m de largura.

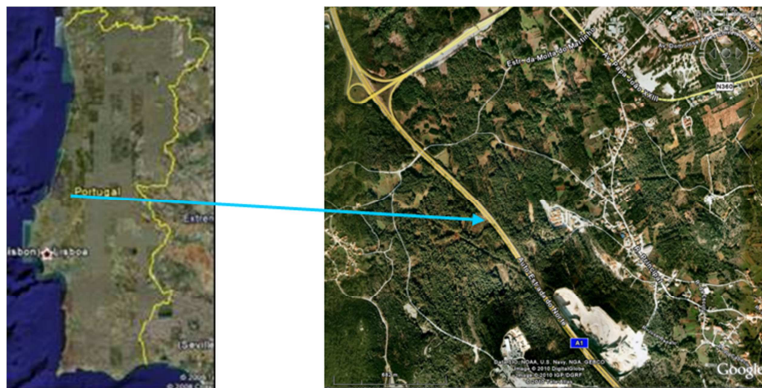


Figura 1 – Local de monitorização.

2 METODOLOGIAS

2.1 Metodologia utilizada em 2002

A monitorização das águas de escorrência realizada pelo LNEC em 2002 utilizou um equipamento que compreendia um medidor de precipitação com um cabo de ligação ao amostrador; um amostrador automático ISCO 6700, com capacidade para amostrar até um total de 24 amostras, em garrafas de polipropeno de 1 l; diversas baterias da ISCO; um carregador de bateria; um painel solar carregador de bateria; um medidor de caudal do tipo “*bubbler*” e um descarregador volumétrico Thel-Mar. Foi construído um adaptador para ajustar o descarregador Thel-Mar ao colector de 800 mm (*cf.* Figura 2). O LNEC fez à BRISA pedidos específicos de infra-estruturação de forma a permitir a adequada instalação do equipamento. (Leitão *et al.*, 2005)



Figura 2 – Infra-estruturas e equipamento (monitorização de 2002) (Leitão *et al.*, 2005).

Foram efectuadas recolhas em 6 eventos, em Maio de 2002. O número total de amostras recolhidas em cada acontecimento variou entre 7 e 24. Todas as amostras foram transportadas para o LNEC, onde foram medidos os seguintes parâmetros: temperatura, pH, condutividade, oxigénio dissolvido, potencial redox. Os valores de condutividade foram utilizados, a par com os dados relativos ao caudal, precipitação e tempo de amostragem, para decidir quais as amostras com interesse e como gerar amostras compostas.

As amostras foram conservadas em frascos próprios (de vidro ou plástico) a 4°C até serem transportadas em caixas térmicas para o laboratório contratado onde foram analisadas. O laboratório de análises contratado necessitou de um volume de amostra para a análise dos diferentes parâmetros, muito superior ao esperado, o que conduziu a uma metodologia destinada a maximizar a informação discreta ao longo do evento e a proporcionar o maior número possível de resultados analíticos. Nesta escolha, sempre que o volume de amostra era reduzido, optou-se por dar prioridade às análises dos metais pesados (Zn, Cu, Pb, Cd e Fe) e sólidos suspensos totais, seguidos dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) e dos óleos e gorduras. (Leitão *et al.*, 2005)

Para todos os 6 eventos foram registados dados de precipitação e caudal, além dos relatórios de amostragem. Estes dados constituem um registo contínuo (de 5 em 5 minutos), no *data logger*, com algumas interrupções causadas por falhas na bateria. A insolação local durante o mês de Maio de 2002, onde o céu se manteve nublado por longos períodos de tempo, não foi suficiente para assegurar em tempo real, a recarga da bateria necessária ao

funcionamento do equipamento. Este aspecto conduziu a uma grande necessidade de viagens para carregar as baterias, no LNEC, e substituí-las no campo.

No ano em que decorreu a monitorização, 2002, o TMDA foi de 30229 veículos.

2.2 Metodologia utilizada em 2009

A estrutura base utilizada em 2002, colocada no órgão de entrada da bacia (Figura 2) ainda permanecia disponível, tendo-se solicitado à BRISA a construção de um abrigo sobre a mesma, para melhor proteger e instalar o equipamento, bem como proporcionar melhores condições aos operadores de campo.

Utilizou-se o mesmo equipamento automático que na monitorização de 2002, com algumas alterações e *upgrades*: desta feita os frascos de amostragem eram 8, com 1800 ml de capacidade e em vidro borossilicato – o que permite o rigor necessário tanto nas análises de óleos e gorduras como de metais pesados. A fonte de energia de todo o equipamento foi uma bateria de automóvel, que noutros casos demonstrou ser mais eficaz que as baterias da ISCO, permitindo uma maior autonomia energética.

Um dos *upgrades* desta monitorização foi a implementação de um sistema de GSM para aviso por mensagem SMS da existência de amostragem. Dessa forma, foram evitadas deslocações desnecessárias ao local. O GSM enviava diariamente e à mesma hora, um “alerta de presença” o que funcionou como uma vantagem acrescida, pois a ausência deste sinal era um indicador da bateria (que alimenta também o GSM) estar descarregada.

No G-Terra e tendo em vista um dos objectivos específicos do projecto, utilizou-se ainda uma metodologia, baseado na norma ASTM G-140-02 (2002), para determinar a concentração de cloretos atmosféricos. Este método, designado por Vela Húmida é apresentado, por exemplo, em Antunes e Barbosa (2010). Para o implementar foi necessário instalar uma estrutura de madeira num local alto (neste caso, no topo do abrigo). No interior desta foi colocado um *Erlenmeyer*, tapado com uma rolha no seio da qual se introduziu um tubo de ensaio com uma gaze enrolada à volta (*cf.* Figura 3). Esta gaze mergulha na solução de glicerina, contida no *Erlenmeyer* e permite a difusão dos cloretos recebidos via atmosférica, acumulados na gaze e passados para a solução no interior do *Erlenmeyer*. Estes resultados serão aqui apresentados; não terão um interesse directo para a A1 mas permitem, no âmbito do G-Terra, comparar situações de estradas mais interiores com outras costeiras. A possível existência de um padrão diferente nas escorrências de estradas costeiras encontra-se em estudo no G-Terra (por ex., Antunes e Barbosa, 2010).

O sistema de vela húmida foi instalado juntamente com o equipamento a 27 de Março de 2009. Desde essa data e até 6 de Maio de 2009, este permaneceu no topo do abrigo. Nesse dia efectuou-se a substituição da gaze e solução, dando início a um novo período de amostragem dos cloretos atmosféricos. A 8 de Junho de 2009 a gaze e solução foram recolhidas, perfazendo-se o segundo período de monitorização de cloretos atmosféricos. A solução presente no *Erlenmeyer*, bem como a gaze foram sujeitas a um processo constante na norma ASTM G 140-02 (2002), que depois da determinação da concentração em cloretos na solução final, permite o cálculo da taxa de deposição salina.

A Figura 3 ilustra a instalação do equipamento, trabalhos que tiveram lugar no dia 27 de Março de 2009 com o apoio da equipa de técnicos do Centro Operacional de Leiria. (Barbosa *et al.*, 2010).



Figura 3 – Instalação de monitorização e abrigo com o equipamento em Março de 2009.

Foi seleccionado e contratado um laboratório, localizado próximo de Lisboa e com possibilidade de corresponder aos requisitos do trabalho: lidar com baixas concentrações e reduzidos volumes de amostras para um número elevado de parâmetros. Os parâmetros seleccionados pela equipa de projecto G-Terra para serem determinados nas amostras das águas de escorrência foram os seguintes: pH, condutividade, salinidade, dureza total, azoto Kjeldhal, fósforo total, sólidos suspensos totais, cloretos, Carbono Orgânico Total (COT), Carência Química de Oxigénio (CQO), Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO₅), óleos e gorduras, ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), chumbo (Pb), cádmio (Cd) e crómio (Cr). As amostras para a determinação dos metais pesados foram conservadas, de acordo com o Standard Methods (APHA *et al.*, 1998) e enviadas à Escola Superior de Tecnologia de Viseu (ESTV), participante no projecto G-Terra, onde foram analisados.

Os dados de precipitação e escoamento foram registados cada 5 minutos e as amostras recolhidas de acordo com uma determinada programação.

Os 11 eventos monitorizados ocorreram entre 10 de Abril e 8 de Junho de 2009, totalizando 73 amostras. Como é natural, nem sempre as 8 garrafas no amostrador se encontravam cheias devido a variações temporais no escoamento (registou-se uma média de 6,6 amostras por evento monitorizado).

As 73 amostras foram transportadas tão cedo quanto possível após a recolha, para o LNEC, onde se mediram os valores de temperatura, pH, condutividade, salinidade e SDT. Procedeu-se também à separação de volumes em frascos e à sua conservação (quando requerido), com ácido e refrigeração. O laboratório contratado recolheu os frascos nas instalações do LNEC e procedeu à sua análise. As amostras foram analisadas para o

conjunto de 18 parâmetros. Atrás enumerado. Por limitações do volume, nem todos os parâmetros foram determinados no total das amostras.

As amostras para a determinação dos metais pesados foram conservadas e enviadas à ESTV onde foram analisados. Em alguns casos o volume total de amostra era tão reduzido (cerca de 100 ou 150 ml) que se optou por conservá-lo e reservá-lo apenas para a determinação de metais pesados.

O TMDA no troço monitorizado da A1 foi de 28047, 27297 e 27894 veículos, respectivamente para os meses de Abril, Maio e Junho de 2009, correspondendo a uma média de 27746.

3 RESULTADOS

3.1 Resultados obtidos na monitorização de 2002

3.1.1 Resultados precipitação-escoamento

No Quadro 1 apresentam-se os dados de precipitação e de escoamento referentes à monitorização efectuada em 2002. A média dos períodos secos antecedentes aos eventos monitorizados foi de 2 dias; a precipitação média dos 5 eventos, com dados que permitem este cálculo, foi de 6,2 mm.

Quadro 1 – Dados de precipitação escoamento dos eventos monitorizados em 2002. (Adaptados de Leitão *et al.*, 2005).

Evento	Data	Período seco antecedente (dias)	Precipitação evento (mm)	Volume total (l)	Q médio (l/s)
1	03-Mai	0	6,8*	1,5	0,0011
2	07-Mai	1,1	1,4	11420,3	2,17
3	13-Mai	5	-	7659,7	0,88
4	17-Mai	3	12,2	21494,0	10,40
5	22-Mai	2,5	6,1	109,5	0,09
6	23-Mai	0,5	4,5	4881,5	0,76

* A amostragem não compreendeu a totalidade do evento de 6,8 mm, mas apenas o escoamento residual, devendo de certa forma representar uma “poluição de fundo”.

3.1.2 Resultados relativos à qualidade das escorrências

Faz-se em seguida um resumo dos dados relativos à monitorização efectuada em 2002, baseados no relatório final do estudo (Leitão *et al.*, 2005). As gamas de concentrações e respectivas médias resultantes daquele trabalho encontram-se no Quadro 2. No Quadro 3 podem ser observadas as Concentrações Médias do Lugar (CML).

Os frascos de plástico do amostrador não eram adequados à amostragem para fins de determinação de óleos e gorduras ou hidrocarbonetos. Este material retém estas substâncias, pelo que os valores analíticos obtidos deverão ser inferiores às concentrações reais da amostra. No entanto, foi feita a opção de incluir no estudo os óleos e gorduras e os Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos, permitindo uma estimativa da sua presença nas

escorrências da A1. Naturalmente, a análise de resultados deve ter em conta estas limitações.

Quadro 2 – Concentrações nas águas de escorrência da A1 em 2002 (Leitão *et al.*, 2005).

Parâmetro	Número de amostras	Média	Gama de valores
pH	93	6,9	6,3 - 7,4
Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	93	179,0	124 - 357
SST (mg/l)	31	122,5	10,0 - 872
Zn (mg/l)	24	257,8	0,062-0,736
Cu (mg/l)	24	44,4	0,027 - 0,076
Pb (mg/l)	24	21,2	0,002 - 0,058
Cd (mg/l)	24	0,3	<0,0005
Fe (mg/l)	24	1077	0,086 - 3,030
HAP (mg/l)	15	0,05	<0,00005 - 0,00008
Óleos e gorduras (mg/l)	5	19,2	3,2 - 40

Quadro 3 – CML, desvio padrão, coeficiente de variação e carga poluente para os SST e metais pesados, na A1 à entrada da bacia de Fátima (Leitão *et al.*, 2005).

Parâmetro	N.º eventos	CML (mg/l)	Desvio padrão	Coeficiente variação	Carga poluente (kg/ha.ano)
SST	6	84,5	88,2	1,0	704,5
Zn	6	0,159	0,104	0,7	1,3
Pb	6	0,012	0,009	0,8	0,10
Cu	6	0,034	0,010	0,3	0,29
Fe	6	0,724	0,736	1,0	6,03

3.2 Resultados obtidos na monitorização de 2009

3.2.1 Resultados precipitação-escoamento

Conforme foi referido anteriormente, foram monitorizadas as alturas de água e a precipitação em intervalos de 5 minutos. Sendo conhecida a curva de vazão do descarregador, a partir das alturas de água foram calculados os caudais. No Quadro 4 apresentam-se os volumes precipitados (V_{prec}) e escoados (V_{esc}) dos 11 eventos monitorizados.

O período em que houve uma falta de registos de precipitação e de caudal inclui o evento 7. Uma vez que a informação disponível dos outros eventos não foi suficiente para se estabelecer uma relação precipitação-escoamento, o método escolhido para gerar o escoamento do evento 7 foi efectuar um processo de comparação com um outro evento que apresentasse semelhanças com este. (Barbosa *et al.*, 2010)

Assim, a estimativa do escoamento do evento 7 foi feita por associação com o evento 9. A escolha deste evento deveu-se ao facto dos volumes totais precipitados que deram origem

aos escoamentos dos dois eventos serem similares ($135,7 \text{ m}^3$ e $180,9 \text{ m}^3$ para os eventos 9 e 7, respectivamente) e terem uma duração idêntica. Do que é apresentado no Quadro 4 verifica-se que em todas as situações o volume precipitado é superior ao volume escoado no colector.

A média dos períodos secos antecedentes aos 11 eventos monitorizados é de 5,1 dias; a precipitação média correspondente a estas chuvadas é de 6,9 mm.

Quadro 4 – Dados de precipitação escoamento dos eventos monitorizados em 2009.
(Barbosa *et al.*, 2010)

Evento	Data	Período seco antecedente (dias)	Precipitação (mm)	$V_{prec} =$ $A \times P$ (m^3)	$V_{esc} =$ $Q \times t$ (m^3)	$V_{esc} /$ V_{prec}	% do escoamento com amostragem
1	10-Abr	>1	4,6	148,6	6,2	0,04	100
2	14- Abr	4,4	2,0	64,6	3,4	0,05	100
3	15- Abr	0,2	2,8	90,4	13,9	0,15	85
4	17- Abr	0,8	2,4	77,5	6,3	0,08	100
5	17- Abr	0,2	2,4	77,5	17,4	0,22	97
6	18- Abr	0,3	11,4	368,2	103,9	0,29	14
7	09-Mai	20,7	5,6	180,9*	26,6**	0,15**	100
8	23- Mai	9,5	17,6	568,5	140,0	0,24	59
9	05-Jun	12,7	4,2	135,7	19,9	0,15	90
10	06- Jun	0,7	19,8	639,5	176,2	0,28	18
11	08- Jun	1,5	2,8	90,4	10,8	0,12	78

* Obtido através da análise da série de precipitação da estação meteorológica de Crespos.

** Obtido por associação com o evento 9.

3.2.2 Resultados relativos à qualidade das escorrências

No Quadro 5 e 6 são apresentados os dados de qualidade e as concentrações médias do lugar, CML, para a monitorização das águas de escorrência da A1 em 2009.

Quadro 5 – Resumo dos dados de qualidade das escorrências da A1, para os parâmetros onde se verificaram valores não quantificados que foram substituídos usando o método ROS ou o LD/2³. (Adaptado de Barbosa *et al.*, 2010)

Parâmetro	N.º Amostras	Média	Gama
pH	37	6,7	5,8 - 7,2
Condutividade (20°C)	65	109,1	58,0 - 288,0
Salinidade (mg/l)	65	55,1	30,0 - 120,0
SDT (mg/l)	64	0,077	0,038 - 0,160
CQO (mg/l)	71	87,7	14,4 - 330,0
CBO ₅ (mg/l)	65	8,0	1,4 - 27,5
Dur.Tot. (mg CaCO ₃ /l)	71	62,7	19,0 - 255,0
SST (mg/l)	71	26,0	0,3 - 350,0
N Kjeldahl (mg/l)	70	2,0	0,2 - 5,0
COT (mg/l)	70	23,8	6,4 - 72,0
Cloretos (mg/l)	71	7,3	2,0 - 28,0
Óleos e Gord (mg/l)	70	1,3	<2 - 16,0
Fe (mg/l)	73	0,382	<0,395 - 7,192
Zn (mg/l)	73	0,136	<0,081 - 0,834
Cu (mg/l)	73	0,021	<0,015 - 0,051

Quadro 6 – Concentrações Médias do Lugar (CML) e cargas poluentes da A1 em 2009. (Adaptado de Barbosa *et al.*, 2010)

Parâmetro	Nº eventos	CML (mg/l)	Desvio padrão	Coef variação	Carga poluente (kg/ha/ano)
Salinidade	11	51,5	16,9	0,3	595,7
CQO	11	81,9	49,0	0,6	947,5
CBO ₅	9	6,9	4,6	0,7	79,6
SST	11	22,2	27,8	1,3	256,6
N-Kjeldahl	11	2,0	0,68	0,34	23,0
P-Total	11	0,25	0,01	0,04	2,89
COT	11	22,7	14,9	0,7	262,5
Cloretos	11	6,7	2,9	0,43	77,4
Ó&Gorduras	11	1,2	1,7	1,3	14,4
Hid. Tot.	11	1,00	0,23	0,23	11,6
Fe	11	0,35	0,56	1,6	4,02
Zn	11	0,127	0,071	0,56	1,47
Cu	11	0,020	0,008	0,41	0,230
Pb	11	0,003	0,003	1,2	0,029

³ No âmbito do G-Terra foram estudadas metodologias para lidar com valores analiticamente não quantificados (< LQ). Foi estabelecido um procedimento, explicado em Barbosa *et al.* (2010), que passa pela substituição, quando a amostra cumpre determinados requisitos, dos valores < LQ por LQ/2 ou por valores gerados pelo método *Regression on Order Statistics* (ROS).

3.2.3 Resultados relativos aos cloretos atmosféricos

O Quadro 7 apresenta as taxas de deposição de cloretos atmosféricos obtidas para os dois períodos monitorizados, sensivelmente com a mesma duração. Os valores obtidos foram de 3,2 e 1,6 mg/m².dia.

Quadro 7 – Taxa de deposição salina (mg/m².dia) na A1 para os dois períodos de monitorização. (Barbosa *et al.*, 2010)

Período	N.º dias de acumulação	CI (mg/m ² .dia)
27 de Março a 6 de Maio 2009	34	3,2
6 de Maio 2009 a 8 de Junho 2009	33	1,6

4 ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

A comparação dos resultados das duas monitorizações deve ser vista com relatividade e mais no contexto duma avaliação de tendências, uma vez que as metodologias de amostragem apresentam diferenças, os parâmetros quantitativos e qualitativos não coincidem totalmente, as metodologias de tratamento de informação são distintas e, finalmente, o volume de dados também apresenta diferenças. A monitorização efectuada em 2009 apresenta uma maior consistência e um volume superior de dados. O número de eventos angariado no G-Terra (11 eventos) é quase o dobro dos obtidos em 2002 (6 eventos) o que, de certa maneira, condiciona a análise comparativa.

Relativamente aos dados de precipitação escoamento, os relativos a 2002 são mais reduzidos, tendo-se obtido menos informação devido ao período temporal em que se efectuou a monitorização e aos hiatos de informação, causados por falhas na bateria. O tratamento da informação relativa aos dados de precipitação escoamento também não foi tão detalhado como em 2009.

Ambas as monitorizações decorreram no fim do Inverno, início de Primavera. Curiosamente, a média dos volumes precipitados dos eventos monitorizados é semelhante (6-7 mm), embora o mesmo já não aconteça com períodos secos antecedentes, cuja média foi de 2 dias em 2002 e de 5,1 dias em 2009.

O volume médio dos eventos monitorizados em 2009 foi de 51,4 m³ com um desvio padrão de 63,9 m³. Considera-se que se conseguiu obter uma boa amostragem do volume total de escoamento. Nas situações em que tal não aconteceu, supõe-se que o escoamento que já não foi monitorizado, correspondendo a eventos muito longos, teria já uma carga poluente reduzida.

Para mais facilmente comparar as características qualitativas das escorrências, em 2002 e em 2009, sintetizaram-se no Quadro 8 as concentrações médias para uma série de parâmetros comuns às duas metodologias. No Quadro 9 faz-se o mesmo paralelo, mas para as CML.

Consta-se que os SST, óleos e gorduras e Fe apresentam uma concentração média muito inferior em 2009, comparada com 2002. O Pb quase não é quantificável, na monitorização de 2009, podendo-se dizer que “desapareceu” das escorrências da A1. Já no que respeita ao Zn e ao Cu, curiosamente ambas as médias têm valores sensivelmente de metade dos registados em 2002.

Quadro 8 – Comparação das concentrações médias de alguns parâmetros de qualidade das escorrências da A1, em 2002 e em 2009.

Parâmetro	N.º amostras 2002	Média 2002	N.º amostras 2009	Média 2009
pH	93	6,9	37	6,7
Cond (20°C)	93	179,0	65	109,1
SST (mg/l)	31	122,5	71	26,0
Óleos e Gord (mg/l)	5	19,2	70	1,3
Fe (mg/l)	24	1,077	73	0,382
Zn (mg/l)	24	0,258	73	0,136
Cu (mg/l)	24	0,044	73	0,021
Pb (mg/l)	24	0,021	73	*
Cd (mg/l)	24	0,0003	73	0,00009

* Não detectado em 54 amostras e <0,018 (Limite de Quantificação) em 16 amostras.

Quadro 9 – Comparação das CML da A1, em 2002 e em 2009.

Parâmetro	N.º eventos 2002	CML 2002	N.º eventos 2009	CML 2009
SST (mg/l)	6	84,5	11	22,2
Fe (mg/l)	6	0,724	11	0,350
Zn (mg/l)	6	0,159	11	0,127
Cu (mg/l)	6	0,034	11	0,020
Pb (mg/l)	6	0,012	11	0,003

O TMDA no ano de 2002 era de 30229 e actualmente é de 27746, ligeiramente inferior. Ambos os estudos foram levados a cabo na altura da Primavera, embora o do ano de 2009 abranja um período mais longo e mais eventos.

Algumas hipóteses que se podem colocar, que poderão explicar parcialmente estas observações são o tráfego ligeiramente inferior e possíveis melhorias ao nível do fabrico dos automóveis e eficiência dos motores. Esta constatação é notória no caso do Pb, face à redução drástica de utilização de gasolina com chumbo. Poderá dar-se o caso do Inverno muito chuvoso de 2008-2009 ter proporcionado uma lavagem mais intensa do SST - e poluentes associados - existindo maior tendência para cada evento poder transportar apenas os poluentes acumulados no período seco antecedente. O valor médio do período seco antecedente foi mais elevado em 2009, mas é conhecido que estas variáveis não apresentam uma correlação directa e os fenómenos podem ser compreendidos apenas quando se integram várias variáveis em simultâneo.

Comparando a gama de valores obtidos em 2009 (Quadro 5) com os resultados da monitorização de 2002 (Quadro 2) observam-se, para os parâmetros comuns, valores da mesma ordem de grandeza mas, conforme reportado na análise das médias, consideravelmente mais baixos. Apenas no caso do Fe e do Zn as concentrações máximas de 2009 são superiores às de 2002.

Foram notórias na monitorização da A1 de 2009 as baixas concentrações de Pb, quase nulas. Aliás o cálculo da CML para este parâmetro foi efectuado com base em metodologias de substituição dos valores abaixo do limite de quantificação e tiveram por objectivo ter uma

ideia das cargas deste metal gerada actualmente na A1. As concentrações de Zn e Cu continuam a seguir o padrão nacional Zn>>Cu.

A análise de concentrações deve ser vista com relatividade, visto estas se encontrarem directamente dependentes dos efeitos de diluição provocados pelo volume do escoamento.

A análise das cargas poluentes e das CML oferecem outras possibilidades de comparação. Observando os parâmetros comuns ao Quadro 3 e ao Quadro 6, que são sintetizados no Quadro 9, verifica-se que o único poluente para o qual os valores de CML se apresentam similares é o Zn. Os restantes (SST, Pb, Cu e Fe) evidenciam concentrações CML consideravelmente inferiores na actualidade. Curiosamente, os coeficientes de variação associados às CML são similares nos dois estudos, com excepção do caso do Fe que apresenta no estudo G-Terra um coeficiente de variação bastante superior. O coeficiente de variação associado à CML do Cu é dos mais reduzidos, tanto em 2002 como em 2009, o que fará deste um poluente adequado a considerar na lista de parâmetros chave em monitorizações de escorrências rodoviárias.

No que respeita à comparação com a legislação (D.L. n.º 236/98) constatou-se que existem amostras com concentrações superiores ao Valor Limite de Emissão (VLE), nomeadamente os SST (VLE=60 mg/l), CQO (VLE=150 mg/l), Fe (VLE=2 mg/l) e os óleos e gorduras (VLE=15 mg/l). Em 2002, a observação respeita aos SST, Fe e óleos e gorduras. Os resultados obtidos para estes últimos deverão ser inferiores aos realmente existentes, dada a situação do material dos frascos de amostragem. Para 2009 verificou-se a ultrapassagem dos VLE para os quatro parâmetros, embora mais marginalmente para os óleos e gorduras. Estas constatações são um indicador, visto o D.L. n.º 236/98 se aplicar a descargas pontuais de águas residuais. Todavia, vêm corroborar a importância e adequação da bacia de tratamento de Fátima na protecção do meio ambiente local, em particular das águas subterrâneas.

Relativamente às taxas de deposição de cloretos atmosféricos obtidas os resultados parecem coerentes para o local, face à concentração máxima de cloretos nas escorrências da A1 (28 mg/l). Note-se que este local se localiza no interior e a mais de 30 km de distância do Oceano Atlântico. Este valor é inferior aos obtidos na A25 (outro dos casos de estudo do G-Terra), na zona de Aveiro, onde se registaram taxas de acumulação de cloretos de 59 e 89 mg/m².dia, justificadas pela distância de 5,6 km ao mar e pela proximidade à Ria de Aveiro (Antunes e Barbosa, 2008 e Antunes e Barbosa, 2010).

5 CONCLUSÕES

Considera-se este como sendo um caso muito interessante, a nível nacional, pois se tem neste momento concentrações de alguns poluentes para o mesmo local e com 7 anos de desfasamento. As constatações das diferenças verificadas são um indicador interessante da necessidade de se monitorizar periodicamente os efluentes numa mesma estrada, de forma a actualizar o conhecimento.

Alguns parâmetros comuns às duas monitorizações (SST, óleos e gorduras e Fe) apresentam uma concentração média muito inferior em 2009, comparada com 2002. O Pb quase não é quantificável, na monitorização de 2009, podendo-se dizer que “desapareceu” das escorrências da A1. O Zn e ao Cu, apresentam em 2009 médias sensivelmente de metade das registados em 2002.

O padrão nacional de relação de concentração dos três metais pesados mais relevantes verificado no passado foi de: Zn >> Cu > Pb. No que respeita à A1, a relação Zn–Cu continua a manter-se em 2009, mas esbate-se, de forma marcada, a importância do Pb. Tomando como referência esta avaliação de alterações temporais para este caso de estudo, pode-se dizer que o Pb estará, definitivamente, fora da lista de poluentes chave em escorrências de estradas nacionais. Pelo contrário, o Cu apresenta-se como um parâmetro adequado a considerar na lista de parâmetros chave em monitorizações de escorrências rodoviárias, por apresentar alguma estabilidade e constância na sua presença.

Verifica-se na A1 tendências já observadas noutras estradas nacionais (por exemplo, Barbosa *et al*, 2010), para as concentrações de SST, CQO, Fe e óleos e gorduras excederem o VLE para descarga de águas residuais (Anexo XVIII do Decreto-Lei n.º236/98). Estas constatações confirmam a acuidade do Estudos de Impacte Ambiental e a medida de minimização preconizada: o sistema de tratamento a jusante do local monitorizado.

AGRADECIMENTOS

O G-Terra tem o financiamento da Fundação para a Ciência e Tecnologia (Projecto PTDC/AMB/64953/2006). Os autores desta comunicação expressam o seu agradecimento ao Eng.º Victor Santiago da BRISA e aos Eng.ºs Pinto dos Santos e Rui Beja, do Centro Operacional de Leiria, a autorização a monitorizar a A1 e todo o apoio prestado na infra-estruturação do local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Antunes, P. e Barbosa, A. (2008) Pavement impacts on highway runoff quality– are coastal areas special cases? 3rd European Pavement and Asset Management, Coimbra, Portugal, 7-8 Julho, 2008, 9 pp.

Antunes, P. e Barbosa, A.E. (2010) Effects of atmospheric salt deposition on highway runoff characteristics. S. Rauch, G.M. Morrison and A. Monzón (eds.), Highway and Urban Environment: Proceedings of the 9th Highway and Urban Environment Symposium, pp. 225-233, Springer, 2010, 416 pp. ISBN 978-90-481-3042-9.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS) G 140-02 (2002) Standard test method for determining atmospheric chloride deposition rate by wet candle method. Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia.

APHA; AWWA; WEF (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition.

Barbosa, A. E., Antunes, P.B. e Ramísio, P. (2008) Directrizes para a Gestão Integradas da Poluição das Escorrências de Estradas em Portugal: G-TERRA, 13º Encontro Nacional de Saneamento Básico (13º ENaSB), 14-17 de Outubro, Covilhã, APESB, 13 pp..

Barbosa, A. E., Fernandes, J. N. e Dodkins, I. (2010) Directrizes para a Gestão Integrada das Águas de Escorrência de Estradas em Portugal. Relatório das Actividades do LNEC em 2008 e 2009. Relatório 96/2010-NRE, Março de 2010, 60 pp.

Leitão, T. E.; Barbosa, A. E.; Henriques, M.J.; Ikävalko, V.; Menezes, J. T. M. (2005) Avaliação e Gestão Ambiental das Águas de Escorrência de Estradas, Relatório Final. Relatório 109/05 – NAS, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Abril de 2005, 243 pp.

Matos, J., Portela, M. e Mourato, S. (1999) Reabilitação da Bacia de Decantação de Fátima, Parecer Técnico, IST- BRISA, Lisboa, 58 pp.

Vieira, A. R., Oliveira, R. M., Matos, J. S. e Barbosa, A. E. (2002) Controlo da Poluição de Escorrências Pluviais de Vias Rápidas em Portugal, 6º Congresso da Água, Porto, APRH, 18-22 de Março, 2002, 14 pp.