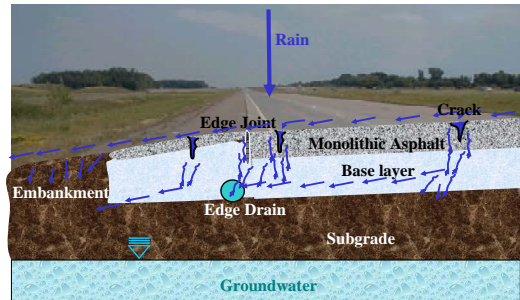
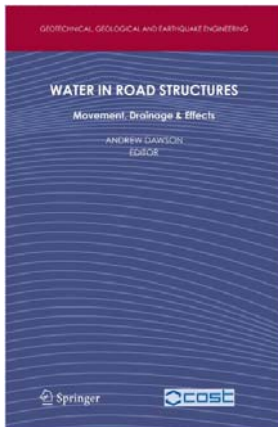


Área temática LNEC	Ambiente e sustentabilidade
Projecto de investigação	P4: Prevenção da poluição e reabilitação da qualidade das águas subterrâneas E13: Protecção de solos e águas subterrâneas contra a poluição provocada por tráfego rodoviário
Investigador responsável	Teresa E. Leitão
Processos n.ºs	0607/11/16254 (0607/14/14559; 0607/19/16864)



Objectivos

Este estudo teve dois objectivos principais: (1) aprofundar a análise dos efeitos ambientais das águas de escorrência de estradas e das águas infiltradas através da própria estrada e (2) contribuir para avaliar a eficácia das medidas de minimização de impactes ambientais implementadas em Portugal, nomeadamente no que respeita aos sistemas de prevenção da poluição do solo e dos recursos hídricos.

O 1.º objectivo foi alcançado no âmbito dos trabalhos desenvolvidos na acção COST 351 intitulada "Water movement in road pavements and embankments" (<http://www.watmove.org/index.htm>). O principal objectivo da Acção foi melhorar os conhecimentos necessários a um melhor desempenho das estradas que simultaneamente tivesse em consideração a necessidade de minimizar a dispersão de contaminantes causada pelas estradas e tráfego associado. Escreveu-se um livro, editado pela

Springer, onde os aspectos ambientais da água na estrada incluíram uma revisão sobre as origens da contaminação de estradas, atendendo a diferentes materiais de construção; mecanismos e meios de dispersão da contaminação; meios afectados; processos de monitorização e legislação mais relevante neste domínio.

O 2.º objectivo do estudo centrou-se na avaliação da efectiva redução de impactes ambientais conseguida através de medidas de minimização de impactes ambientais implementadas em Portugal, na vertente da poluição do solo e dos recursos hídricos. Foram avaliadas as medidas implementadas, os objectivos alcançados e as causas de eventuais desajustes, contribuindo para melhorar a adequação de futuras medidas de minimização de impactes aos objectivos pretendidos e evitando a utilização de medidas desajustadas.

Principais desenvolvimentos

Os principais desenvolvimentos do 1.º objectivo, i.e. da Acção COST 351, foram análise da temática da Água e a Estrada, nas suas mais diversas vertentes, visando contribuir para melhorar os conhecimentos necessários a um melhor desempenho das estradas que simultaneamente minimizasse a dispersão da poluição causada pelas estradas e tráfego associado. Foram publicados um livro (Figura 1), escrito por colaboradores de 18 diferentes países, e três *Newsletters* (Figura 2). Além das inúmeras reuniões para a elaboração do livro, realizaram-se dois *workshops*, em Madrid e em Atenas, nos anos 2005 e 2007 (Figura 3) onde foram sendo divulgados os trabalhos desenvolvidos e o conteúdo do livro. A página da Internet apresentada na Figura 4 serviu de plataforma de comunicação entre parceiros da Acção e permitiu também a sua divulgação a outras pessoas interessadas nesta temática.

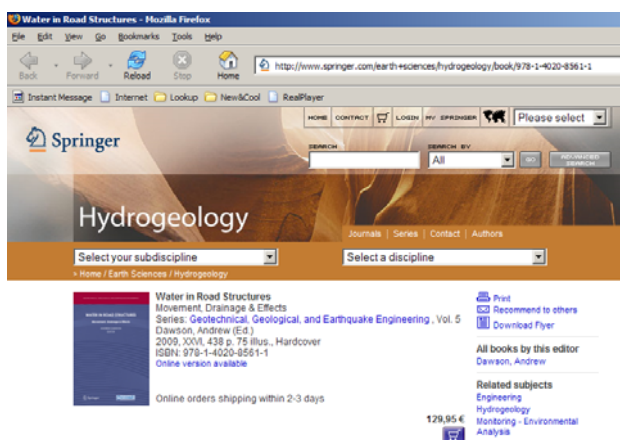


Figura 1 • Página da Internet da editora Springer com a publicitação do livro editado pela Acção COST 351

Foram identificados quatro outros objectivos secundários da Acção, um dos quais directamente relacionado com os aspectos de qualidade: identificar, analisar e controlar os contaminantes lixiviados através dos solos e produtos agregados.



Figura 2 • Newsletters da Acção COST 351

O livro inclui uma análise da teoria básica sobre pavimentos (cf. Figura 5), de onde vem a água, como pode (ou não) ser drenada, como é que a temperatura pode afectar o seu movimento, como o escoamento pode ser modelado e o impacto do conteúdo em água no comportamento do pavimento. Há, ainda, secções dedicadas aos aspectos de instrumentação e de monitorização. Com a crescente preocupação com os aspectos ambientais, o livro aborda também os efeitos dos poluentes

gerados nas estradas no ambiente envolvente e as medidas a implementar para fazer face às exigências ambientais.



Figura 3 • Página da Internet com a publicitação do *workshop* final COST 351, como parte da "International Conference on Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering"

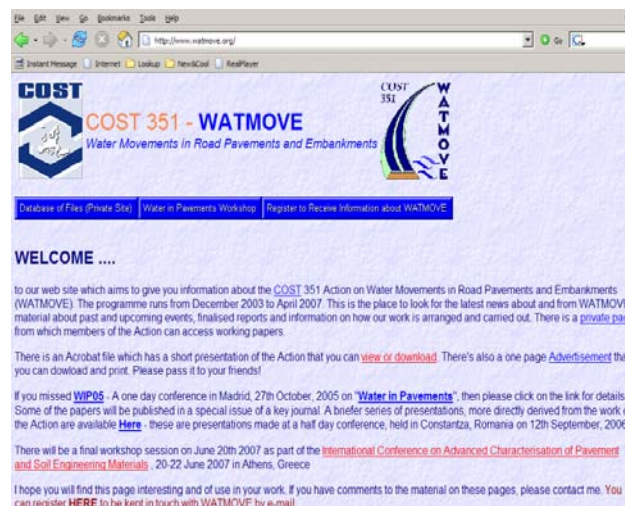


Figura 4 • Página da Internet da Acção COST 351



Figura 5 • exemplo de uma estrada com problemas no pavimento

O NAS/DHA/LNEC participou nos seguintes capítulos, tendo sido responsável pela edição do Capítulo 7:

- Capítulo 6 - Sources and fate of water contaminants in roads;
- Capítulo 7 - Contaminant sampling and analysis;
- Capítulo 12 - Pollution mitigation.

Os principais desenvolvimentos alcançados no âmbito do 2.º objectivo foram a sistematização da documentação existente, sobre a monitorização do meio ambiente envolvente à estrada, no que diz respeito aos recursos hídricos e solos, sua análise e interpretação. Essa informação foi introduzida na Base de Dados MIA.mdb (Figura 6), elaborada no âmbito deste estudo. Com base no conjunto de dados e de informações disponíveis procedeu-se, até onde estes mesmos dados o permitiram, à identificação das causas subjacentes à maior ou menor eficácia dos sistemas de minimização de impactes (cf. exemplo da Figura 7).



Figura 6 • Janela de abertura da base de dados MIA.mdb

Um outro aspecto tratado como instrumento de apoio aos processos de avaliação de impactes ambientais de projectos rodoviários foi a elaboração das principais directrizes para planos de monitorização de águas superficiais e subterrâneas tendo em vista a obtenção de informação representativa do impacto da poluição das estradas nesses meios.

As principais conclusões obtidas para as estradas analisadas (Quadro 1) podem ser sistematizadas nos seguintes aspectos:

Apesar do reconhecimento da existência de poluição de estradas, medida nas suas águas de escorrência, em muitos casos a influência dessa poluição nos meios hídricos não pode ser inequivocamente atribuída àquela origem e há situações em que a presença de poluentes não é evidenciada nos meios hídricos.

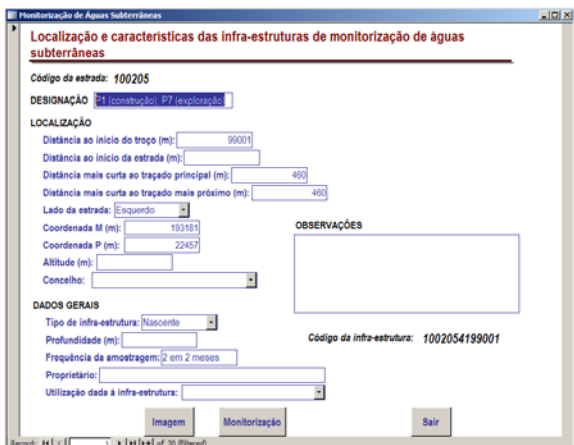


Figura 7 • Formulário de definição de características gerais sobre monitorização de águas subterrâneas

Quadro 1 • Informação existente sobre a monitorização de recursos hídricos para análise de poluição de estradas

Designação da estrada	Designação do troço da estrada	Pontos de água monitorizados				Sistema de tratamento	
		Construção		Exploração		n.º	Tipo
		Subterrâneo	Superficial	Subterrâneo	Superficial		
A1	Fátima	-	-	2	-	1	Bacia de decantação
A2	Almodôvar -- S. Bartolomeu de Messines	-	12	-	14	-	-
A2	S. Bartolomeu de Messines -- VLA	18	12	11	12	6	Estações de tratamento
A2	Castro Verde -- Almodôvar	-	12	-	4	-	-
A6	Nó de Borba	-	-	4	3	3	Bacias pré-tratamento
A7/IC5	Basto -- Ribeira de Pena	47	3	-	-	-	Projecto não disponível
A10	Bucelas -- Arruda dos Vinhos	-	-	-	11	-	-
A13	Almeirim -- Salvaterra de Magos	2	-	-	-	-	-
A22/IC4	Alcantarilha -- Guia	-	-	-	2	3+1	Bacias de retenção e tratamento
A23/IP2	Ligação à Covilhã	-	-	2	1	4	Bacias de tratamento
A24/IP3	IP5 -- Castro D'Aire Sul	3	12	-	-	-	-
A24/IP3	Vila Real -- Régua (IP4)	-	4	-	-	2	Bacia multifuncional
A24/IP3	EN103 -- Chaves (Fronteira)	6	13	-	-	1	Vala relvada
IP4	Vila Real -- Vila Verde	-	-	1	-	3	Bacias de tratamento
A27/IP9	Nogueira -- Estorãos	2	4	-	-	2	Sistemas de contenção de risco
A27/IP9	Estorãos -- Ponte de Lima	7	5	-	-	2	Sistemas de contenção de risco
EN10	Recta do Cabo	-	-	2	-	-	-

Em relação à presença de poluentes nos meios hídricos, há que ter em conta que o seu aparecimento nos pontos monitorizados depende da distância a que se encontram da origem e da dinâmica de escoamento e de transporte desse meio. É sabido que os meios hídricos superficiais têm uma maior exposição que a maioria dos meios hídricos subterrâneos pelo que são mais vulneráveis mas, por outro lado, também é mais fácil a poluição ser removida em fases posteriores. Por outro lado, o meio receptor das águas de escorrência, solos e águas, tem uma capacidade natural de remoção de poluentes (até eventualmente atingir um ponto de saturação) que é muito variável de meio para meio e que constitui uma primeira barreira à dispersão de poluentes. Uma vez ultrapassada essa capacidade, os poluentes são transportados em dissolução para os meios hídricos superficiais e subterrâneos mas todo este processo de transporte até ao ponto de monitorização geralmente não ocorre nos primeiros anos de funcionamento de uma estrada, pelo que importa ter dados de monitorização ao longo do tempo.

Em Portugal, e atendendo aos casos analisados, observa-se a contribuição potencial de outras fontes de poluição nos locais de recolha de informação onde foi encontrada poluição e regista-se que muitos dos programas de monitorização são realizados com infra-estruturas desadequadas (p.e. furos captando a profundidades muito elevadas e/ou longe da estrada; equipamento do furo em liga metálica, etc.). Acresce que os poucos resultados que existem não abrangem, em muitos casos, as duas fases de construção e de exploração e, ainda, muitas das análises químicas da água são efectuadas utilizando limites de detecção de parâmetros demasiado elevados, evitando a detecção de eventuais elementos presentes em concentrações apreciáveis. Por este motivo, torna-se imperioso que os programas de monitorização sejam adequados e que, sempre que possível, funcionem durante ambos os períodos de construção e de exploração, para que essa monitorização a longo prazo permita ser conclusiva sobre os potenciais efeitos da poluição de estradas nos recursos hídricos.

Por outro lado, é fundamental manter uma gestão adequada das infra-estruturas de minimização da poluição de águas de escorrência de estradas em funcionamento, construídas ou futuras. Esta premência deve-se ao facto de poder haver uma inversão dos objectivos para que foram projectadas as medidas de minimização, i.e. poder passar a haver uma concentração de poluentes susceptíveis de serem libertados para os meios hídricos envolventes.

Equipa de trabalho
LNEC

Nome	Função
Teresa E. Leitão	Investigadora responsável
Maria José Henriques	Técnica Superior
Manuel M. Oliveira	Investigador Auxiliar

Equipa de trabalho
Externa

Nome	Observações
Estradas de Portugal, S.A. (Eng. Santinho Faisca)	Parceiro do projecto COST 351
Núcleo de Recursos Hídricos e Estruturas Hidráulicas (NRE/DHA)	Parceiros do projecto para a EP
Núcleo de Acústica, Iluminação, Componentes e Instalações (NAI/DED)	Parceiros do projecto para a EP
Unidade de Biologia da Conservação (Universidade de Évora)	Parceiros do projecto para a EP

Outras fontes de financiamento

Acção COST 351 "Water Movement in Road Pavements and Embankments", Proc. 0607/19/14559 (2003-2006).

Projecto realizado para a Estradas de Portugal, S.A. "Avaliação da Eficácia das Medidas de Minimização de Impactes Ambientais Implementadas em Portugal", Proc. 0607/1/15892 (2005-2008).

Projecto de Cooperação Portugal - Eslovénia (GRICES) "Identificação e Protecção de Massas de Água Sensíveis à Poluição Rodoviária", Proc. 0607/19/16864 (2008- 2009).

Publicações mais relevantes internacionais

Revistas e Livros

LEITÃO, T.E., 2007 - Impact of Road Runoff in Soil and Groundwater. Portuguese and Other European Case-Studies. In *Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability*, Lobo-Ferreira & Vieira (Eds.). Proceedings of the Fourth InterCeltic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources, Guimarães, Portugal, July 2005. IAHS Red Books, London, IAHS Publication 310, ISBN 978-1-901502-88-6, pp. 338-347, 10 pp.

DAWSON, A. (Ed.), 2009 - *Water in Road Structures. Movement, Drainage & Effects*. Series: Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering, Vol. 5, 2009, XXVI, 438 p. 75 illus., Hardcover, ISBN: 978-1-4020-8561-1 <http://www.springer.com/earth+sciences/hydrogeology/book/978-1-4020-8561-1>.

FOLKESON, L., BAEKEN, T., BRENČIČ, M., DAWSON, A., FRANCOIS, D., KURIMSKA, P., LEITÃO, T., LIČBINSKY, R., VOJTEČEK, M., 2007 - Capítulo 6 "Contaminants of Water in the Pavement". In: Dawson, 2008: "Water Movement in Road Pavements and Embankments". Springer Verlag, pp. 107-146.

LEITÃO, T., BAEKEN, T., BRENČIČ, M., DAWSON, A., FRANCOIS, D., FOLKESON, L., KURIMSKA, P., LIČBINSKY, R., VOJTEČEK, M., 2007 - Capítulo 7 "Contaminant Sampling and Analysis". In: Dawson, 2008: "Water Movement in Road Pavements and Embankments". Springer Verlag, pp. 147-174.

BRENČIČ, M., BAEKEN, T., DAWSON, A., FRANCOIS, D., FOLKESON, L., LEITÃO, T., 2008 - Capítulo 12 "Pollution Mitigation", in "Water Movement in Road Pavements and Embankments", ed. Dawson, 2007, Springer Verlag, pp. 283-298.

Reuniões técnico-científicas

LEITÃO, T.E., 2005 - Impact of Road Runoff in Soil and Groundwater. Synthesis of Portuguese and Other European Case-Studies. In 4.º Intercéltico "Water in Celtic Countries: Quantity, Quality and Climate Variability", Guimarães, 11 a 14 de Julho de 2005, 15 pp.

LEITÃO, T.E., BRENČIČ, M., OLIVEIRA, M.M. e HENRIQUES, M.J., 2007 - Evaluation of the efficiency of minimisation measures for the protection of groundwater from road pollution negative impacts. Comunicação apresentada ao XXXV Congresso Internacional de Hidrogeólogos "Groundwater and Ecosystems", organizado pela AIH-GP, Lisboa, 17 a 21 de Setembro, 11 pp.

BRENČIČ, M., DAWSON, A., FRANCOIS, D., FOLKESON, L., LEITÃO, T., 2008 - Strategies for Mitigating Road Pollution of Water Bodies. Comunicação apresentada à Conferência do Transport Research Arena intitulada "Greener, Safer and Smarter Road Transport for Europe", Ljubljana, Slovenia, 21 a 24 de Abril de 2008, 5 pp.

Publicações mais relevantes nacionais

Relatórios

OLIVEIRA, M.M., LEITÃO, T.E., MOINANTE, M.J., BARBOSA, A. E., FERNANDES, J., ANTUNES, S., PATRÍCIO, J. e MIRA, A., 2005 - Avaliação da Eficácia das Medidas de Minimização de Impactes Ambientais Implementadas em Portugal. 1.º Relatório 376/05 - NAS, LNEC, 2005.

LEITÃO, T.E., OLIVEIRA, M.M., BARBOSA, A. E., FERNANDES, J., ANTUNES, S., PATRÍCIO, J., ASCENSÃO, F. e MIRA, A., 2006 - Avaliação da Eficácia das Medidas de Minimização de Impactes Ambientais Implementadas em Portugal. 2.º Relatório 322/06 - NAS, LNEC, 2006.

LEITÃO, T.E., HENRIQUES, M.J., BARBOSA, A. E., FERNANDES, J., ANTUNES, S., PATRÍCIO, J., ASCENSÃO, F. e MIRA, A., 2007 - Avaliação da Eficácia das Medidas de Minimização de Impactes Ambientais Implementadas em Portugal. 3.º Relatório 316/07 - NAS, LNEC, 182 pp.

LEITÃO, T.E., HENRIQUES, M.J. e BARBOSA, A.E., 2008 - Avaliação da Eficácia das Medidas de Minimização de Impactes Ambientais Implementadas em Portugal. Componente Recursos Hídricos e Solos. Relatório Final Sectorial. Relatório 199/2008-NAS, LNEC, 98 pp.

OLIVEIRA, M.M., LEITÃO, T.E., BARBOSA, A. E., FERNANDES, J., ANTUNES, S., PATRÍCIO, J. e MIRA, A., 2008 - Avaliação da Eficácia das Medidas de Minimização de Impactes Ambientais Implementadas em Portugal. Versão 3.0 – Junho 2008, NAS, LNEC, 85 pp.

Revistas

LEITÃO, T.E., BARBOSA, A.E. e TELHADO, A.M., 2005 - Proposta de uma Metodologia para a Identificação de Zonas Hídricas Sensíveis aos Poluentes Rodoviários. *Revista Tecnologia da Água*, Edição II, Outubro de 2005, pp. 44 a 53.

Organização de Encontros

Workshop "Water in Pavements" - WIP'05, 27 de Outubro de 2005, Madrid, Espanha (<http://www.watmove.org/wip05.htm>).

Workshop final da Acção COST 351, como parte da International Conference on Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials 20-22 Junho de 2007, 20 de Junho, Atenas, Grécia (<http://www.3dfem.org/>).

Teses e Programas de Investigação

Programas de Investigação

LEITÃO, T.E., 2008 - Gestão Integrada e Sustentável da Qualidade das Águas Subterrâneas em Portugal. Contributos para um Bom estado em 2015. Programa apresentado para a candidatura à obtenção do título de Habilitado para o exercício de funções de coordenação de investigação científica do LNEC, 350 pp.