



**CENTRO PARA A
VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS**



**UNIVERSIDADE DO MINHO
LABORATÓRIO DE
ENGENHARIA CIVIL**



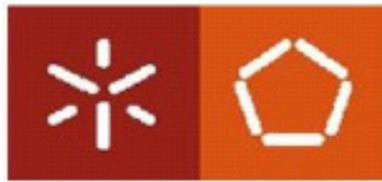
**LNEC – LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL**

**TRECHO EXPERIMENTAL NO ITINERÁRIO EN 311
FAFE/VÁRZEA COVA.
OBSERVAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO
MECÂNICO E AMBIENTAL**

RELATÓRIO ANUAL (2008)



**CENTRO PARA A
VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS**



**UNIVERSIDADE DO MINHO
LABORATÓRIO DE
ENGENHARIA CIVIL**



**LNEC – LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL**

**TRECHO EXPERIMENTAL NO ITINERÁRIO EN 311
FAFE/VÁRZEA COVA.
OBSERVAÇÃO E MONITORIZAÇÃO DO COMPORTAMENTO
MECÂNICO E AMBIENTAL**

RELATÓRIO ANUAL (2008)

Estudo realizado para a Siderurgia Nacional

Guimarães, Junho de 2009

Relatório CVR 1/2009

ÍNDICE

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
2. MONITORIZAÇÃO MECÂNICA	3
2.1. OBSERVAÇÃO DOS ASSENTAMENTOS	3
2.1.1. <i>Medição dos deslocamentos internos</i>	3
2.1.2. <i>Comparação dos deslocamentos internos com os deslocamentos superficiais</i>	7
2.2. OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO ATRAVÉS DE ENSAIOS <i>FWD</i>	7
2.3. OBSERVAÇÃO DAS EXTENSÕES VERTICAIS AO NÍVEL DO TOPO DO ATERRO E DO TOPO DA CAMADA DE LEITO DE PAVIMENTO E DAS EXTENSÕES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS AO NÍVEL DA BASE DA CAMADA BETUMINOSA DE REGULARIZAÇÃO SOB CARREGAMENTO DO FWD (47 kN).....	12
3. MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL	18
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
ANEXOS	23

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Na sequência da construção e instrumentação do Trecho Experimental [1], em aterro, no itinerário E.N. 311 entre Fafe/Várzea Cova, e de acordo com o previsto no protocolo celebrado entre o Centro para a Valorização de Resíduos (CVR) e a Siderurgia Nacional – Empresa de Produtos Longos, S.A. (SN), realizaram-se campanhas de observação periódicas para monitorizar o desempenho mecânico e ambiental do Agregado Siderúrgico Inerte para a Construção (ASIC) aplicado na construção de camadas do corpo do aterro, de leito de pavimento e de base do pavimento, com o objectivo de avaliar a viabilidade da sua utilização na construção de infra-estruturas rodoviárias.

No presente relatório, apenas se apresentam os resultados obtidos nas campanhas de monitorização do desempenho mecânico do ASIC realizadas entre Novembro de 2007 e Janeiro de 2009, ou seja, nos primeiros 5 trimestres após a conclusão dos trabalhos construtivos. Os resultados da monitorização ambiental serão apresentados no próximo relatório, dado estarem ainda em curso as análises químicas das amostras de lixiviado recolhidas nos lisímetros, e os resultados já obtidos ainda não serem suficientes para se proceder à sua interpretação de forma consistente. Assim, neste relatório, dar-se-á apenas indicação das amostras de lixiviados recolhidas nos dois lisímetros, das análises químicas já efectuadas e dos parâmetros em análise. Prevê-se que sejam entregues até final do mês de Julho os resultados das análises químicas de todas as amostras de lixiviado recolhidas.

Assim, os resultados que se apresentam dizem respeito: a) a deslocamentos verticais internos (assentamentos) do corpo do aterro, medidos através de varões extensométricos verticais; b) a deslocamentos superficiais verticais (assentamentos), medidos através de marcas superficiais; c) a deflexões da estrutura (camada do pavimento + camada de base + camada de leito de pavimento + camadas do aterro), medidas com o deflectómetro de impacto pesado (FWD); d) a extensões positivas (de compressão) transmitidas pela camada de base, medidas através de extensómetros verticais; e) a extensões negativas (de tracção) transmitidas pela camada de pavimento, medidas através de extensómetros horizontais (transversais e longitudinais); f) a temperaturas da camada de pavimento, medidas através de termopares.

2. MONITORIZAÇÃO MECÂNICA

2.1. OBSERVAÇÃO DOS ASSENTAMENTOS

2.1.1. *Medição dos deslocamentos internos*

A observação dos assentamentos efectuou-se com recurso à medição dos deslocamentos internos na fundação e no corpo do aterro, através da instrumentação do aterro com um sistema

de varões extensométricos verticais. Na Figura 1 apresenta-se a localização do sistema de varões instalado e um pormenor da instrumentação utilizada. Refira-se que este sistema foi descrito no relatório “Trecho experimental no itinerário E.N. 311 entre Fafe/Várzea Cova. Metodologia da construção e instrumentação”, com a referência Relatório CVR 1/2008.

Nas Figuras 2.a) e 2.b) apresenta-se a evolução dos assentamentos totais medidos, respectivamente, ao nível da fundação e no corpo do aterro, a uma altura de 1,60 m da fundação, tanto na secção construída com materiais tradicionais (saibro granítico), como na secção construída com o *ASIC*. Na Figura 2.b), a evolução dos assentamentos totais só é apresentada até 17/06/2008, para a secção construída com o *ASIC*, e até 02/10/2008, para a secção construída com o saibro granítico, por inoperância dos transdutores a partir das datas, respectivamente, mencionadas. A evolução dos assentamentos totais monitorizados no coroamento do corpo do aterro também não é apresentada por inoperância dos transdutores. Na Figura 2.c) apresentam-se os valores da precipitação mensal da Estação Meteorológica de Amarante, a mais próxima do trecho experimental, retirados do portal do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos.

Dado que os varões foram selados com calda de cimento a 5,0 e a 5,2 m de profundidade, nas secções construídas com o *ASIC* e com o saibro granítico, respectivamente, os assentamentos observados ao nível da fundação interessam uma espessura de terreno natural com cerca de 5,0 m.

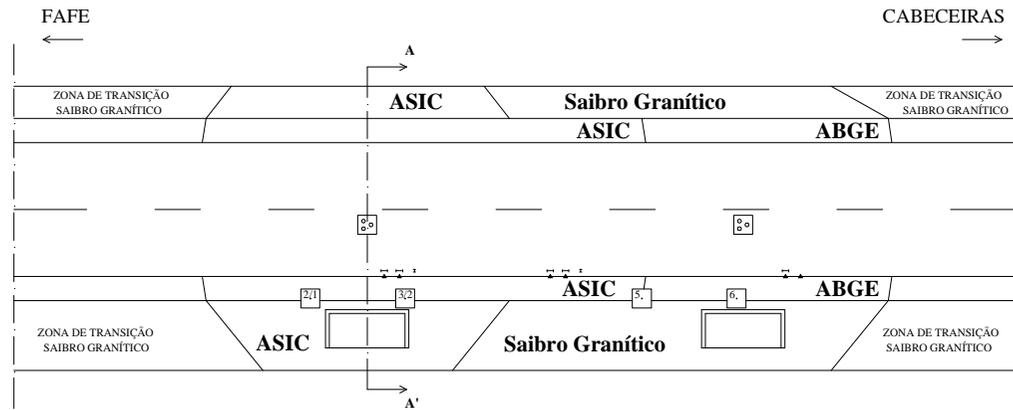
No que diz respeito ao assentamento da fundação (Figura 2.a), observa-se que foi maior na secção construída com o *ASIC* do que na secção construída com o saibro granítico.

O assentamento da fundação na secção em saibro granítico é praticamente nulo até, sensivelmente, Maio de 2008. Este comportamento é explicável pelo facto do aterro do trecho experimental vir substituir o aterro da E.N. 311 existente no local, que tinha a mesma altura e era composto por um material com características semelhantes, resultando, deste modo, numa tensão geoestática idêntica. O assentamento da fundação observado na secção construída com o *ASIC* deve-se à maior densidade deste material.

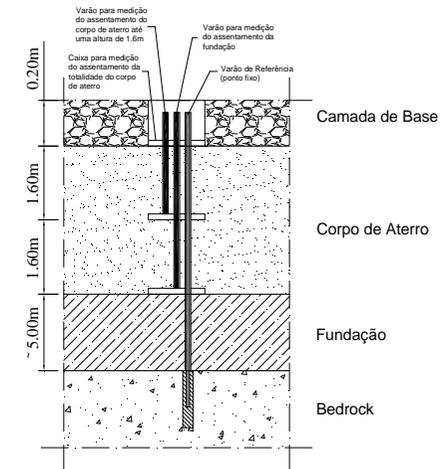
Através da análise dos gráficos assentamento *versus* tempo mostrados na Figura 2.b, construídos com base nos resultados da monitorização no corpo do aterro, verifica-se que o assentamento da camada inferior (com 1,6 m de espessura) construída com o saibro granítico é cerca de duas vezes maior do que da camada construída com o *ASIC*, o que evidencia um melhor desempenho em termos de deformabilidade do *ASIC* relativamente ao saibro granítico.

Após uma aparente estabilização dos assentamentos da fundação e do corpo do aterro, a partir de Maio de 2008 voltaram a aumentar, até Outubro de 2008, no caso da fundação, e até Agosto de 2008, no caso do corpo do aterro construído com o saibro granítico.

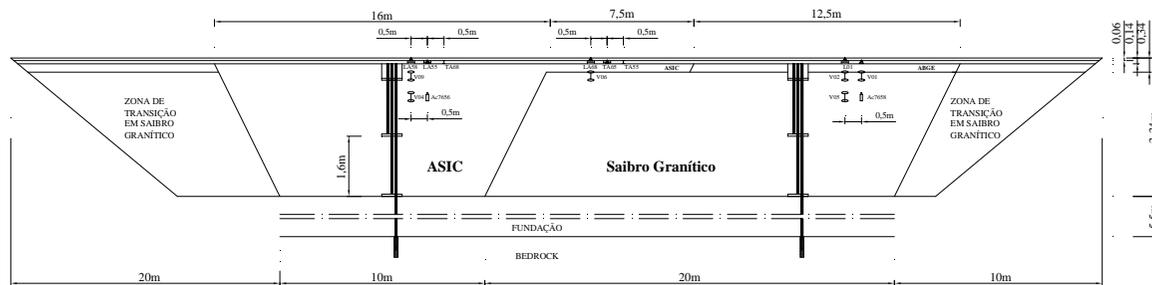
Planta
S/ Esc



Pormenor dos Varões
S/ Esc



Corte Longitudinal
S/ Esc



LEGENDA	
	EXTENSÓMETRO VERTICAL
	ACELERÓMETRO UNIAxIAL
	EXTENSÓMETRO HORIZONTAL LONGITUDINAL
	EXTENSÓMETRO HORIZONTAL TRANSVERSAL
	MARCAS SUPERFICIAIS
	TERMOPAR
	PLATAFORMA DE INFILTRAÇÃO
	LISÍMETRO

Figura 1. Localização da instrumentação no trecho experimental

O aumento dos assentamentos a partir de Maio de 2008 deve estar relacionado com a forte precipitação que ocorreu durante o mês de Abril, como mostra a Figura 2.c), e com o deficiente funcionamento do sistema de drenagem da rodovia, responsável por uma enorme acumulação de água a montante do trecho experimental. De facto, a acumulação da água a montante do trecho experimental permitiu que esta se fosse infiltrando na fundação e no corpo do aterro, com o conseqüentemente aumento do assentamento. De acordo com os dados fornecidos pela empresa construtora do trecho experimental, a Cândido José Rodrigues, Lda (*CJR*), o problema com o sistema de drenagem terá sido solucionado entre os finais do mês de Abril e princípios do mês de Maio de 2008.

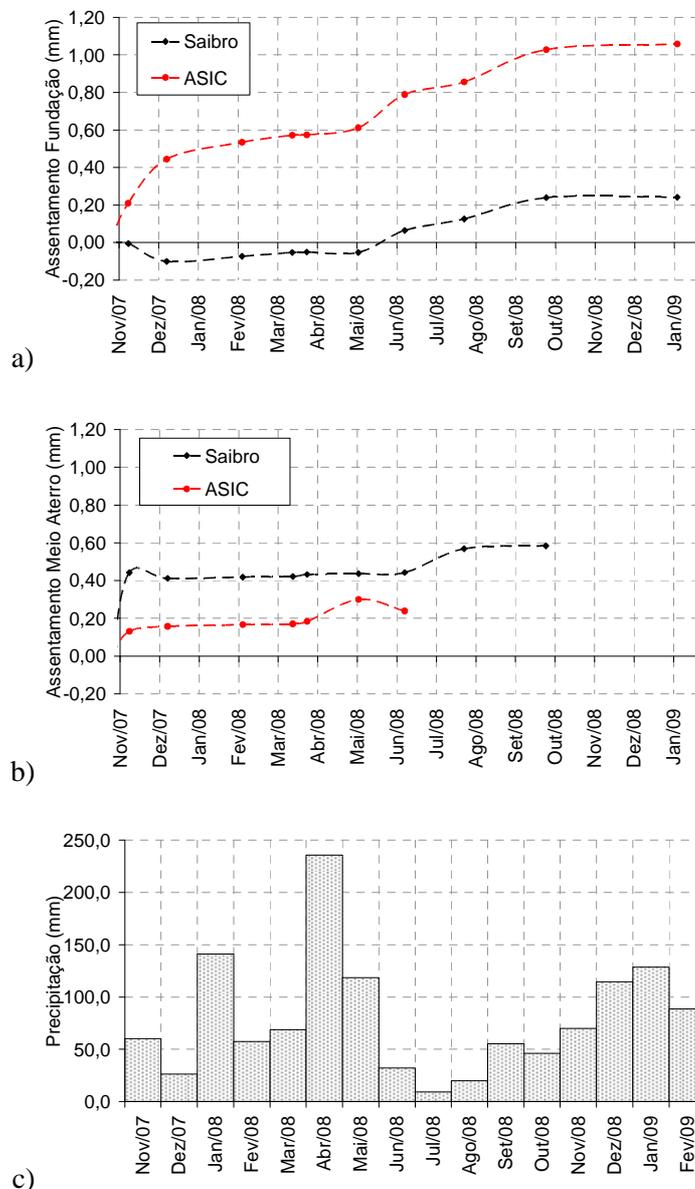


Figura 2. a) Assentamentos totais da fundação nas secções em saibro granítico e em ASIC; b) assentamento das camadas inferiores de aterro em saibro e em ASIC medidos a 1,60 m da base do aterro; c) precipitação mensal na Estação Meteorológica de Amarante

2.1.2. Comparação dos deslocamentos internos com os deslocamentos superficiais

No Quadro 1 apresentam-se os valores do assentamento total medidos nas duas campanhas de topografia (relatórios apresentados em anexo), nas marcas superficiais 2/1, 3/2, 5 e 6, cuja localização no trecho experimental é apresentada na Figura 1. As marcas superficiais 2/1 e 3/2 instrumentam a secção construída com o ASIC e as marcas superficiais 5 e 6 a secção construída com o saibro granítico. No mesmo quadro, a coluna designada por S_{Aterro} apresenta os valores extrapolados para o assentamento do aterro nas duas secções (ASIC e saibro granítico), obtido pela diferença entre as leituras topográficas nas marcas superficiais e nos varões extensométricos colocados para monitorização do assentamento da fundação.

Quadro 1. Assentamentos deduzidos das marcas superficiais

Data	ASIC					Saibro				
	$^1S_{\text{fundação}}$ (mm)	$^2S_{\text{total}}$ (mm)		S_{Aterro} (mm)		$^1S_{\text{fundação}}$ (mm)	$^2S_{\text{total}}$ (mm)		S_{Aterro} (mm)	
		Marca Sup.		Marca Sup.			Marca Sup.		Marca Sup.	
		3/2	2/1	3/2	2/1		6	5	6	5
15/01/08	0,5	1,7	0,1	1,2	-0,4	-0,1	0,9	1,1	1,0	1,2
09/01/09	1,2	3,5	1,5	2,3	0,3	0,2	1,3	2,4	1,1	2,2

1 - Leitura realizada através dos varões extensométricos

2 - Leitura realizada pela topografia

Os assentamentos deduzidos das marcas superficiais obtidos até ao momento (Quadro 1) não corroboram os obtidos a partir das medições dos deslocamentos internos, não permitindo retirar qualquer conclusão sobre a deformabilidade dos materiais de aterro.

2.2. OBSERVAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO ATRAVÉS DE ENSAIOS FWD

A monitorização do comportamento mecânico da estrutura, formada pelas camadas do pavimento, pela camada de base, pela camada de leito de pavimento e pelas camadas do aterro, realizou-se através de campanhas de ensaios FWD. Nas Figuras 3 a 9 apresentam-se os resultados das respectivas campanhas em termos de deflexões máximas.

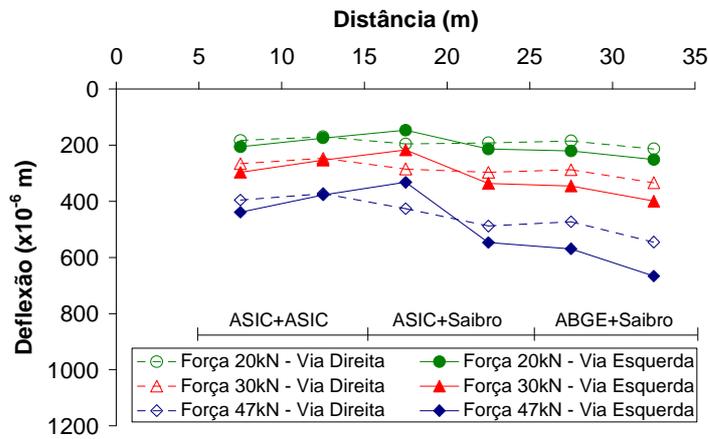


Figura 3. Deflexão máxima na campanha de ensaios *FWD* realizada a 15-02-2008

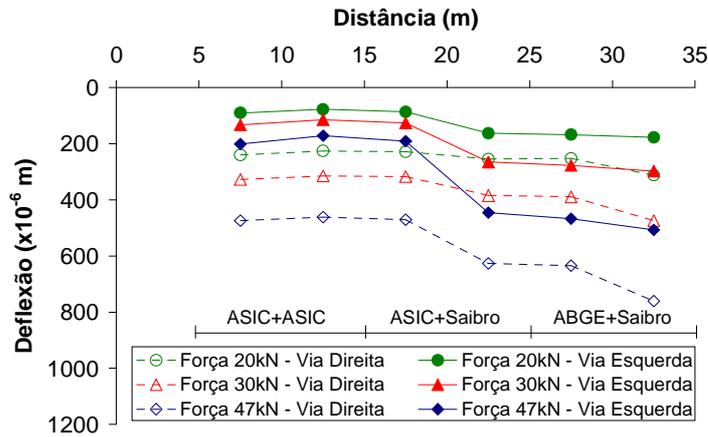


Figura 4. Deflexão máxima na campanha de ensaios *FWD* realizada a 04-04-2008

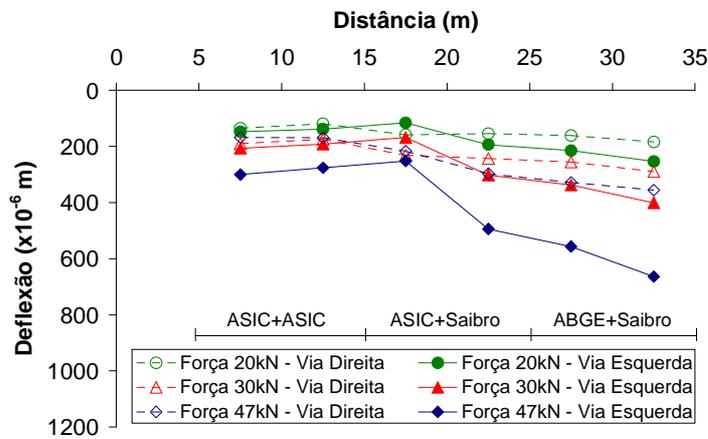


Figura 5. Deflexão máxima na campanha de ensaios *FWD* realizada a 13-05-2008

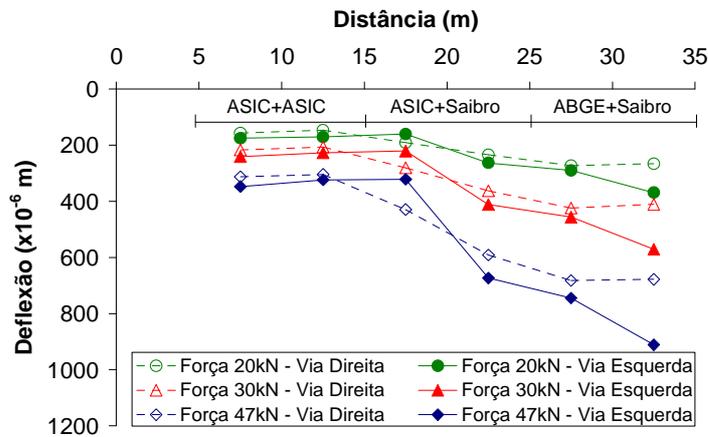


Figura 6. Deflexão máxima na campanha de ensaios *FWD* realizada a 17-06-2008

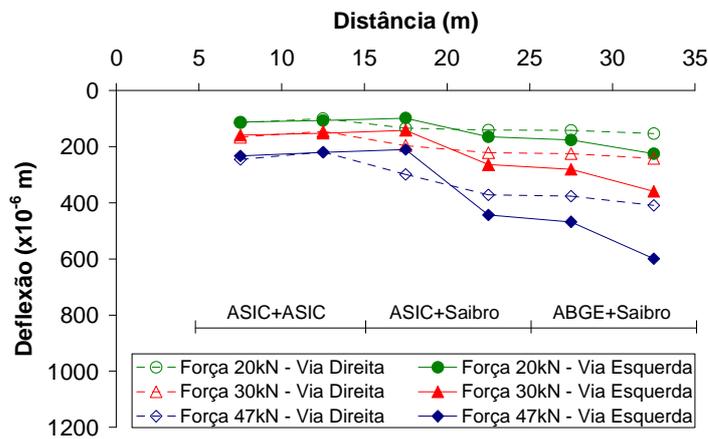


Figura 7. Deflexão máxima na campanha de ensaios *FWD* realizada a 01-08-2008

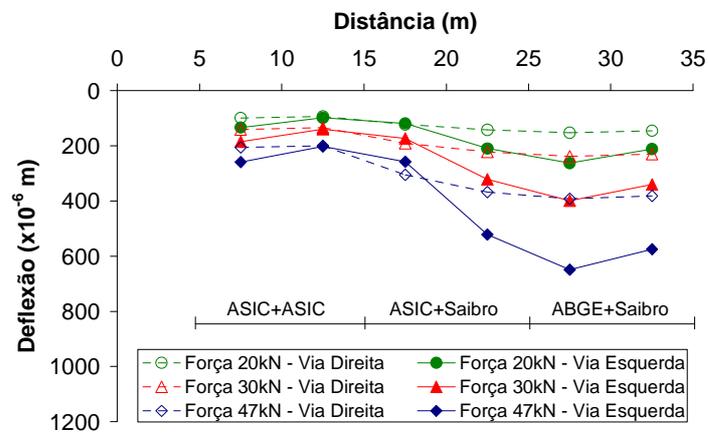


Figura 8. Deflexão máxima na campanha de ensaios *FWD* realizada a 02-10-2008

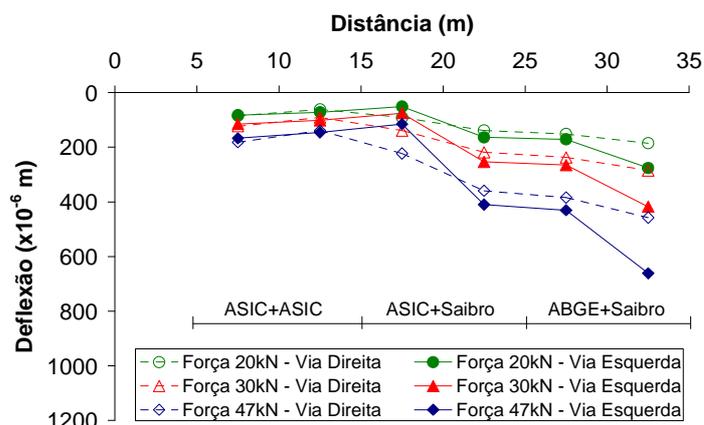
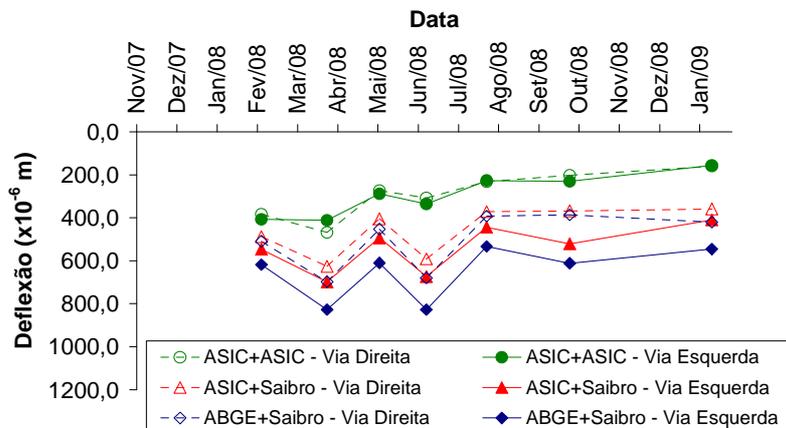


Figura 9. Deflexão máxima na campanha de ensaios *FWD* realizada a 16-01-2009

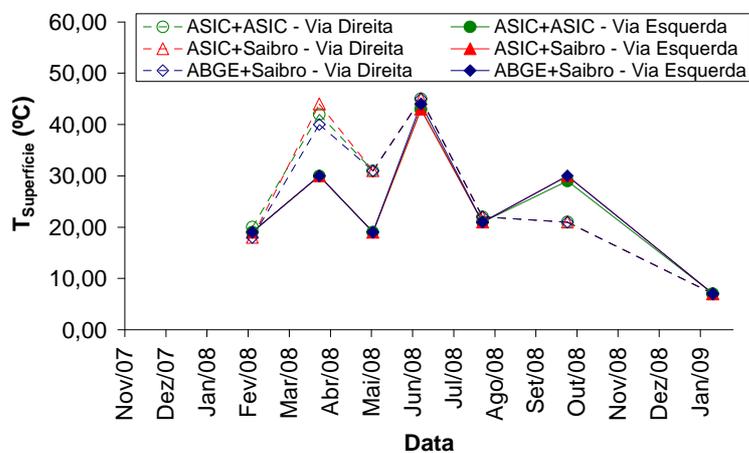
Os gráficos nas Figuras 3 a 9 mostram que, para cargas baixas, as deflexões, nas diferentes secções, são muito semelhantes, e que, para cargas elevadas (Força de 47 kN), as deflexões são muito mais baixas na secção construída com o *ASIC* do que na secção construída com o saibro granítico. O comportamento observado deve-se ao mais elevado módulo de deformabilidade apresentado pelo *ASIC* do que pelo *ABGE* (agregado britado de granulometria extensa).

Na Figura 10.a) apresentam-se as curvas de evolução da deflexão máxima, para uma carga aproximadamente igual a 47 kN. Nas Figuras 10.b) e 10.c) apresentam-se os valores da temperatura de superfície do pavimento e da precipitação mensal para a Estação Meteorológica de Amarante, respectivamente.

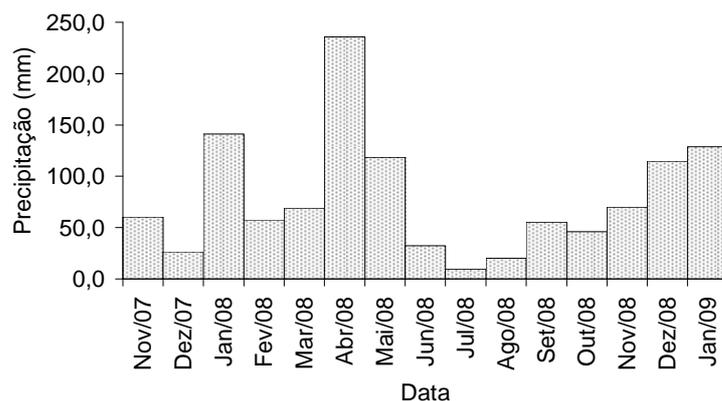
Da análise conjunta das Figuras 10.a) a 10.c), verifica-se que a capacidade de suporte do pavimento é influenciada maioritariamente pela camada de betuminoso, uma vez que a evolução das deflexões medidas são, fortemente, influenciadas pela temperatura. Como se pode verificar da análise das figuras, os aumentos da deflexão coincidem com o aumento da temperatura. De facto, um aumento da temperatura na camada de betuminoso provoca uma redução do módulo de rigidez desta e consequentemente da rigidez global do pavimento, induzindo um aumento da deflexão.



a)



b)



c)

Figura 10. a) Evolução das deflexões máximas, para uma carga aproximadamente igual a 47 kN; b) temperatura na superfície do pavimento; c) precipitação mensal na Estação Meteorológica de Amarante.

No Quadro 2 apresentam-se os valores da deflexão no lado direito da via medidos no ensaio FWD (Força de 47kN) e os valores da temperatura medidos na superfície e pelos termopares

instalados na camada de base. Refira-se que, durante algumas campanhas, os termopares não permitiram a recolha de dados.

Quadro 2. Valores das deflexões obtidas dos ensaios *FWD* (Força de 47kN), no lado direito da via, e da temperatura medida na superfície e pelos termopares

Data	ASIC+ASIC			ASIC+Saibro			ABGE+Saibro		
	δ ($\times 10^{-6}$ m)	T (°C)		δ ($\times 10^{-6}$ m)	T (°C)		δ ($\times 10^{-6}$ m)	T (°C)	
	Superfície	Termopar		Superfície	Termopar		Superfície	Termopar	
15/02/08	383,9	20,0	-	488,0	18,0	-	509,1	18,0	19,0
04/04/08	467,8	42,0	-	626,3	44,0	21,5	697,7	40,0	30,0
13/05/08	274,0	31,0	18,0	405,0	31,0	19,0	452,7	31,0	-
17/06/08	308,3	45,0	43,0	591,4	45,0	42,0	680,0	45,0	-
01/08/08	232,2	22,0	16,5	371,5	22,0	21,0	392,3	22,0	-
02/10/08	202,8	21,0	23,0	367,9	21,0	26,5	386,6	21,0	-
16/01/09	160,3	7,0	-	359,0	7,0	-	420,8	7,0	-

Os valores da deflexão registados nas medições periódicas, de forma a avaliar o comportamento mecânico da estrutura, demonstram uma menor deformabilidade do *ASIC* em relação aos materiais tradicionais, o que confirma o comportamento observado aquando do controlo da qualidade de construção do trecho experimental, descrito em [2].

2.3. OBSERVAÇÃO DAS EXTENSÕES VERTICAIS AO NÍVEL DO TOPO DO ATERRO E DO TOPO DA CAMADA DE LEITO DE PAVIMENTO E DAS EXTENSÕES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS AO NÍVEL DA BASE DA CAMADA BETUMINOSA DE REGULARIZAÇÃO SOB CARREGAMENTO DO FWD (47 kN)

A observação das extensões verticais ao nível do topo do corpo do aterro e do topo da camada de leito de pavimento realizou-se através de extensómetros verticais, enquanto que as extensões transversais e longitudinais ao nível da base da camada betuminosa foram medidas com recurso a extensómetros horizontais. A localização dos extensómetros está apresentada na Figura 1. O registo das extensões efectuou-se aquando da realização das campanhas dos ensaios *FWD*, tendo-se efectuado as leituras das mesmas para a solicitação do *FWD*, correspondente a uma carga de cerca de 47 kN. Nas Figuras 11 a 17 apresentam-se os resultados das respectivas campanhas, em termos de extensões.

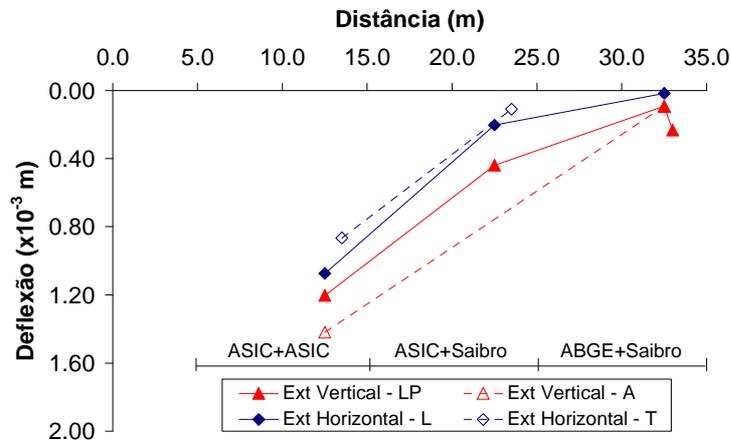


Figura 11. Medições das extensões verticais (positivas) no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) na base da camada betuminosa, realizadas na campanha de 15-02-2008, para uma carga de cerca de 47 kN.

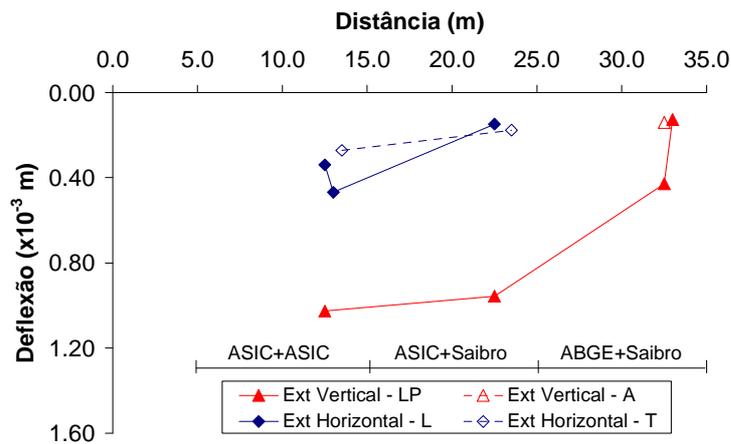


Figura 12. Medições das extensões verticais (positivas) no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) na base da camada betuminosa, realizadas na campanha de 04-04-2008, para uma carga de cerca de 47 kN

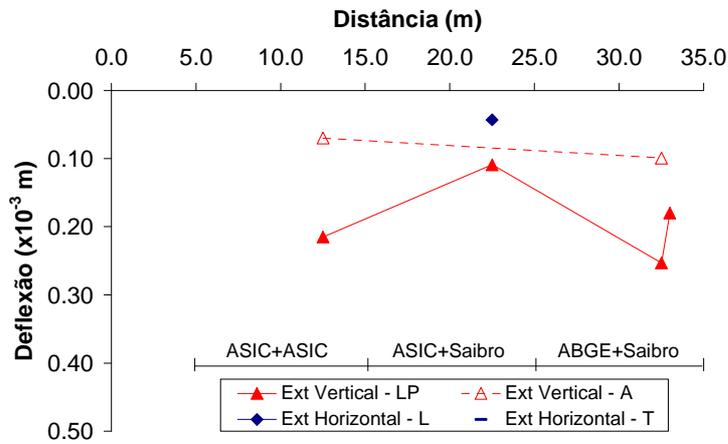


Figura 13. Medições das extensões verticais (positivas) no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) na base da camada betuminosa, realizadas na campanha de 13-05-2008, para uma carga de cerca de 47 kN

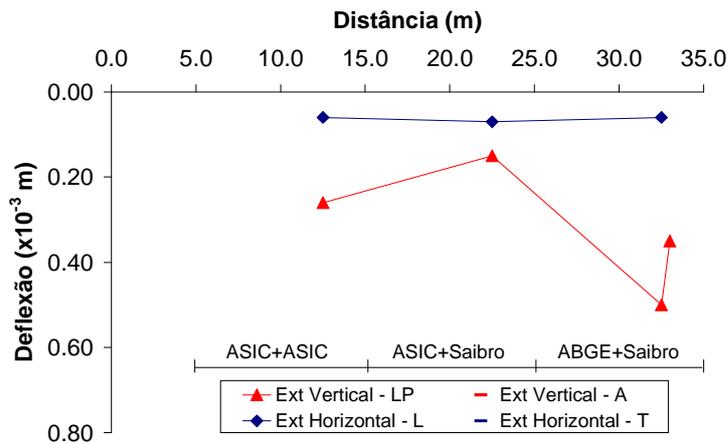


Figura 14. Medições das extensões verticais (positivas) no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) na base da camada betuminosa, realizadas na campanha de 17-06-2008, para uma carga de cerca de 47 kN

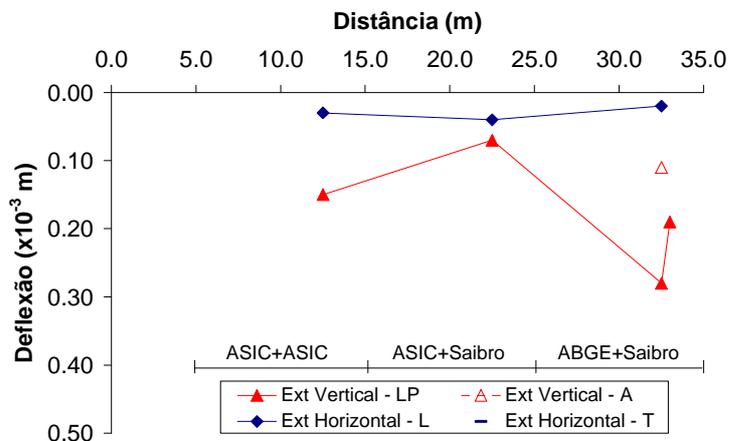


Figura 15. Medições das extensões verticais (positivas) no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) na base da camada betuminosa, realizadas na campanha de 01-08-2008, para uma carga de cerca de 47 kN

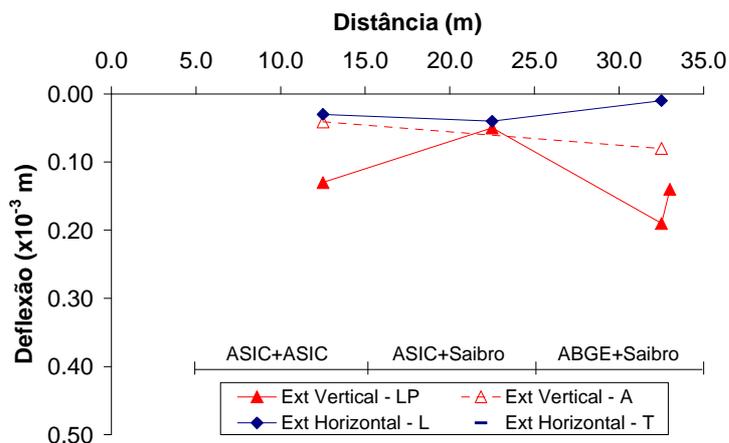


Figura 16. Medições das extensões verticais (positivas) no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) na base da camada betuminosa, realizadas na campanha de 02-10-2008, para uma carga de cerca de 47 kN

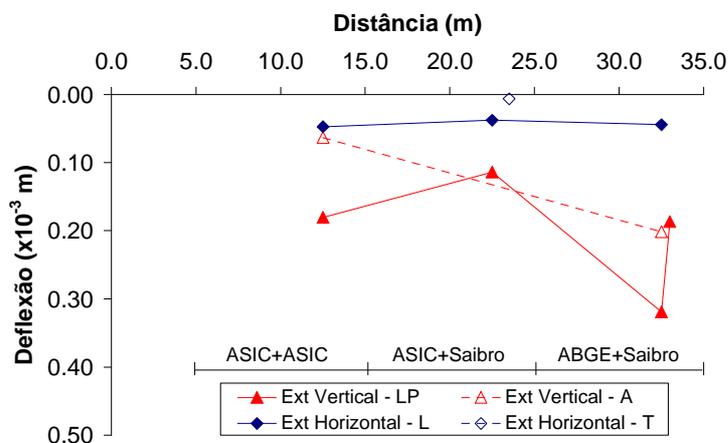
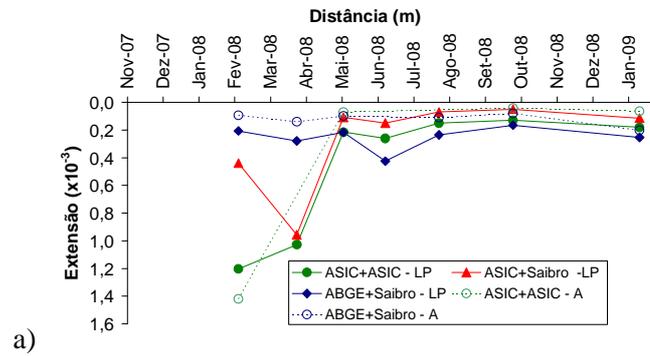


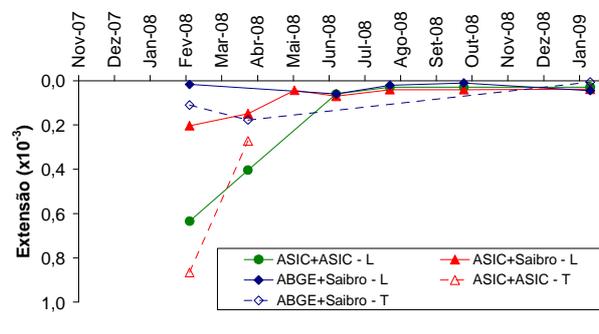
Figura 17. Medições das extensões verticais (positivas) no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) na base da camada betuminosa, realizadas na campanha de 16-01-2009, para uma carga de cerca de 47 kN

Nas Figuras 18.a) e b) apresentam-se os mesmos resultados sob a forma de curvas de evolução no tempo das extensões verticais positivas (de compressão) e das extensões horizontais negativas (de tracção), respectivamente. Nas Figuras 18.c) e 18.d) apresentam-se os valores da temperatura de superfície do pavimento e da precipitação mensal para a Estação Meteorológica de Amarante, respectivamente.

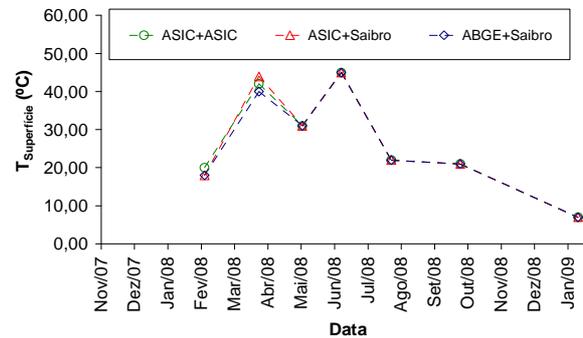
Da análise conjunta dos resultados (Figuras 11 a 18) é possível verificar que as maiores extensões de compressão e de tracção ocorreram nitidamente nas duas primeiras campanhas, na estrutura do pavimento com materiais *ASIC*. A partir da terceira campanha observa-se um quase mesmo valor da extensão horizontal de tracção e extensões verticais de compressão mais elevadas na secção do pavimento em materiais tradicionais (*ABGE+Saibro*).



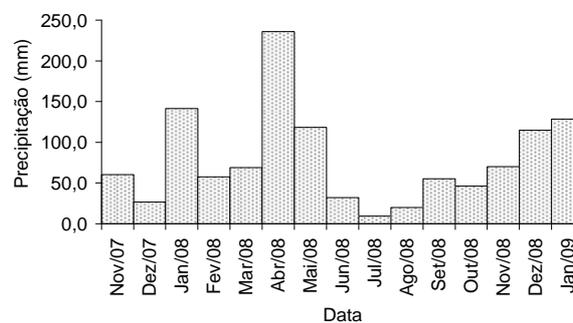
a)



b)



c)



d)

Figura 18. a) Evolução no tempo das extensões verticais (positivas) para os extensômetros colocados no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e no topo da última camada do corpo do aterro (*A*); b) evolução no tempo das extensões horizontais (negativas) longitudinais (*L*) e transversais (*T*) para os extensômetros colocados na base da camada betuminosa de regularização; c) temperatura na superfície do pavimento; d) precipitação mensal na Estação Meteorológica de Amarante.

No Quadro 3 apresentam-se os valores das extensões verticais para os extensómetros colocados no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e no topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e ainda os valores da temperatura medidos à superfície e pelos termopares. No Quadro 4 apresentam-se os valores das extensões horizontais longitudinais (*L*) e transversais (*T*) para os extensómetros colocados na base da camada betuminosa de regularização e os valores da temperatura registada à superfície e pelos termopares. Refira-se que, durante algumas campanhas, alguns extensómetros e termopares não permitiram a recolha de dados.

Quadro 3. Valores das extensões verticais para os extensómetros colocados no topo da camada de leito de pavimento (*LP*) e no topo da última camada do corpo do aterro (*A*) e das temperaturas medidas na superfície e pelos termopares

Data	ASIC+ASIC				ASIC+Saibro				ABGE+Saibro			
	ϵ ($\times 10^{-3}$)		T (°C)		ϵ ($\times 10^{-3}$)		T (°C)		ϵ ($\times 10^{-3}$)		T (°C)	
	LP	A	Superfície	Termopar	LP	Superfície	Termopar	LP	A	Superfície	Termopar	
15-02-08	1,203	1,419	20,0	-	0,439	18,0	-	0,207	0,093	18,0	19,0	
04-04-08	1,027	-	42,0	-	0,957	44,0	21,5	0,278	0,140	40,0	30,0	
13-05-08	0,215	0,070	31,0	18,0	0,109	31,0	19,0	0,217	0,099	31,0	-	
17-06-08	0,260	-	45,0	43,0	0,150	45,0	42,0	0,425	-	45,0	-	
01-08-08	0,150	-	22,0	16,5	0,070	22,0	21,0	0,235	0,110	22,0	-	
02-10-08	0,130	0,041	21,0	23,0	0,050	21,0	26,5	0,165	0,080	21,0	-	
16-01-09	0,180	0,063	7,0	-	0,114	7,0	-	0,253	0,201	7,0	-	

Quadro 4. Valores das extensões horizontais longitudinais (*L*) e transversais (*T*) para os extensómetros colocados na base da camada betuminosa de regularização e das temperaturas medidas na superfície e pelos termopares

Data	ASIC+ASIC				ASIC+Saibro				ABGE+Saibro			
	ϵ ($\times 10^{-3}$)		T (°C)		ϵ ($\times 10^{-3}$)		T (°C)		ϵ ($\times 10^{-3}$)		T (°C)	
	L	T	Superfície	Termopar	L	T	Superfície	Termopar	L	Superfície	Termopar	
15-02-08	-0,635	-0,866	20,0	-	-0,203	-0,110	18,0	-	-0,017	18,0	19,0	
04-04-08	-0,404	-0,272	42,0	-	-0,148	-0,177	44,0	21,5	-	40,0	30,0	
13-05-08	-	-	31,0	18,0	-0,043	-	31,0	19,0	-	31,0	-	
17-06-08	-0,060	-	45,0	43,0	-0,070	-	45,0	42,0	-0,060	45,0	-	
01-08-08	-0,030	-	22,0	16,5	-0,040	-	22,0	21,0	-0,020	22,0	-	
02-10-08	-0,030	-	21,0	23,0	-0,040	-	21,0	26,5	-0,010	21,0	-	
16-01-09	-0,029	-	7,0	-	-0,038	-0,006	7,0	-	-0,044	7,0	-	

3. MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL

Para se proceder à monitorização ambiental do trecho experimental construíram-se dois lisímetros, conforme foi oportunamente descrito em [1]. Um dos lisímetros localiza-se na secção do aterro em *ASIC* e o segundo (de referência) na secção do aterro em saibro granítico.

As amostras de lixiviado recolhidas nestes lisímetros são as que seguidamente se listam.

- Lisímetro no *ASIC*

-
- A1-ASIC (representativa de um volume de 113,5 l; fonte de alimentação: água do joper), 20-21/Nov/07.
 - A2-ASIC (representativa de um volume de 135,0 l; água do joper), 20-21/Nov/07.
 - A3-ASIC (representativa de um volume de 160,0 l; água do joper), 20-21/Nov/07.
 - A4-ASIC (representativa de um volume de 160,0 l; água do joper), 20-21/Nov/07.
 - A5-ASIC (representativa de um volume de 240,0 l; água do joper), 20-21/Nov/07.
 - A6-ASIC (representativa de um volume de 240,0 l; fonte de alimentação: água de precipitação atmosférica), 125 l foram recolhidos pelo CVR, em 18/Jan/08, e 115 l pelo LNEC em 11/Fev/08.
 - A7-ASIC (representativa de um volume de 535 l; água do joper), 12-13/Fev/08.
 - A8-ASIC (representativa de um volume de 1003 l; água do joper), 13-14/Fev/08.
 - A9-ASIC (representativa de um volume de 125,0 l; água de precipitação atmosférica), 4/Jun/08.
 - A10-ASIC (representativa de um volume de 125,0 l; água de precipitação atmosférica), 7/Out/08).
 - A11-ASIC (representativa de um volume de 125,0 l; água de precipitação atmosférica), 19/Dez/08.

Foram recolhidas 11 amostras, totalizando um volume percolado através do ASIC de 2961,5 l. Deste volume, 2346,5 l correspondem à fase de alimentação com o joper, e os restantes 615 l, à fase de alimentação com a água de precipitação atmosférica. Procedeu-se igualmente à recolha de uma amostra da água do joper, em 20/Nov/07. A concentração das espécies químicas na água do joper será subtraída à concentração das espécies químicas nos lixiviados, que foram recolhidos na fase de alimentação com a água do joper. Desta forma, elimina-se a influência das espécies químicas presentes na água do joper na composição química dos lixiviados recolhidos no lisímetro.

As amostras analisadas até ao presente são as seguintes: A1-ASIC a A4-ASIC, e água do joper.

- Lisímetro no Saibro granítico

- A1-Saibro (representativa de um volume estimado de 125 l; água de precipitação atmosférica), 18/Jan/08.
- A2-Saibro (representativa de um volume estimado de 75 l; água de precipitação atmosférica), 18/Fev/08.
- A3-Saibro (representativa de um volume estimado de 125 l; água de precipitação atmosférica), 4/Jun/08.
- A4-Saibro (representativa de um volume estimado de 125 l; água de precipitação atmosférica), 7/Out/08.

-
- A5-Saibro (representativa de um volume estimado de 125 l; água de precipitação atmosférica), 19/Dez/08.

Foram recolhidas um total de 5 amostras, totalizando um volume percolado através do Saibro granítico de 575 l. Foi ainda recolhida uma amostra de eluato num ensaio de lixiviação realizado em laboratório, para comparação com a composição dos lixiviados recolhidos no lisímetro.

As amostras já analisadas são as seguintes: A1-Saibro a A3-ASIC, e eluato do ensaio de lixiviação realizado em laboratório.

Os parâmetros analisados nos lixiviados e na água do joper, previstos no Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, são os que seguidamente se listam: pH a 25° C, Condutividade eléctrica a 25° C (mS/cm), COT (mg C/l), Arsénio (mg/l), Cádmio (mg/l), Cobre (mg/l), Crómio VI (mg/l), Crómio total (mg/l), Mercúrio (mg/l), Níquel (mg/l), Chumbo (mg/l), Zinco (mg/l), Fenóis (mg/l), Fluoretos (mg/l), Cloretos (mg/l), Sulfatos (mg/l), Nitritos (mg/l), Amónia (mg/l), Cianetos (mg/l) AOX (mg Cl/l). Procedeu-se igualmente à análise de ecotoxicidade pelo Teste Daphnia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As campanhas de observação já efectuadas no trecho experimental mostram que o desempenho mecânico da estrutura do pavimento avaliado através de ensaios *FWD* é melhor nas secções com os materiais *ASIC* do que com os materiais tradicionais (saibro granítico e *ABGE*), corroborando assim, tanto os resultados obtidos em laboratório como os resultados obtidos aquando do controlo da qualidade de construção do trecho experimental.

Os resultados da monitorização ambiental serão apresentados no próximo relatório, dado estarem ainda em curso as análises químicas das amostras de lixiviado recolhidas nos lisímetros, e os resultados já obtidos ainda não serem suficientes para se proceder à sua interpretação de forma consistente. Assim, neste relatório, deu-se apenas indicação das amostras de lixiviados recolhidas nos dois lisímetros, das análises químicas já efectuadas e dos parâmetros em análise. Prevê-se que sejam entregues até final do mês de Julho os resultados das análises químicas de todas as amostras de lixiviado recolhidas.

Guimarães, Junho de 2009

Universidade do Minho

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

.....
Doutor Eng.º A. Gomes Correia
(Professor Catedrático, UM)

.....
Doutor Eng.º António José Roque
(Investigador Principal do LNEC)

.....
Eng.º João Paulo Martins
(Bolsheiro de Doutoramento, FCT)

.....
Doutora Eng.ª Laura Caldeira
(Investigadora Coordenadora do LNEC)

.....
Eng.ª Sandra M. Reis Ferreira
(Bolsheira de Doutoramento, FCT/SN)

.....
Doutor Eng.º Eduardo Fortunato
(Investigador Auxiliar do LNEC)

AGRADECIMENTOS

No âmbito deste trabalho agradece-se a colaboração da Câmara Municipal de Fafe, aos técnicos Joaquim Timóteo, Rui Coelho, Ana Cristina Louro e António Gomes do LNEC e aos técnicos José Gonçalves e Ricardo Magalhães do LEC-UM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CVR/UM/LNEC (2008). Trecho experimental no itinerário EN 311 Fafe/Várzea Cova. Metodologia da construção e instrumentação. Relatório CVR 1/2008, 14 p.
- [2] CVR/UM/LNEC (2008). Trecho experimental no itinerário EN 311 Fafe/Várzea Cova. Controlo da qualidade de construção. Relatório CVR 2/2008, 21 p.

ANEXOS