



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES  
Núcleo de Infraestruturas Rodoviárias  
e Aeroportuárias

Proc. 0702/14/17383

# **SUPREMA – APLICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) EM INFRAESTRUTURAS RODOVIÁRIAS**

**Relatório de progresso do projeto PTDC/ECM/100931/2008 – Ano 3**

PROJETO PTDC/ECM/100931/2008

Lisboa • fevereiro de 2013

**I&D TRANSPORTES**

**RELATÓRIO 159/2013 – DT/NIRA**



**“SUPREMA – APLICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)  
EM INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS ”**

**RELATÓRIO DE PROGRESSO DO PROJETO PTDC/ECM/100931/2008 – ANO 3**

**"SUPREMA – SUSTAINABLE APPLICATION OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION RECYCLED  
MATERIALS (C&DRM) IN ROAD INFRASTRUCTURES "**

**PROGRESS REPORT OF PROJECT PTDC/ECM/100931/2008 – YEAR 3**

**“SUPREMA – APPLICATION SOUTENUE DE DECHETS DE CONSTRUCTION ET DEMOLITION DANS  
DES INFRASTRUCTURES ROUTIERES ”**

**RAPPORT D'ACTIVITES DE PROJECT PTDC/ECM/100931/2008 – ANNEE 3**



**“SUPREMA – APLICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)  
EM INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS ”**

**RELATÓRIO DE PROGRESSO DO PROJETO PTDC/ECM/100931/2008 – ANO 3**

**Índice**

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>1  </b>  | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2  </b>  | <b>CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA.....</b>                                | <b>4</b>  |
| <b>3  </b>  | <b>REUNIÕES EFETUADAS .....</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>4  </b>  | <b>AQUISIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO E SERVIÇOS.....</b> | <b>6</b>  |
| <b>5  </b>  | <b>ESTUDO EXPERIMENTAL .....</b>                                  | <b>7</b>  |
| 5.1         | <i>Ações desenvolvidas.....</i>                                   | 7         |
| 5.2         | <i>Construção dos lisímetros no Campus do LNEC .....</i>          | 9         |
| 5.2.1       | Características gerais.....                                       | 9         |
| 5.2.2       | Trabalhos preparatórios.....                                      | 10        |
| 5.2.3       | Metodologia de construção dos lisímetros.....                     | 13        |
| 5.2.4       | Características da camada compactada dos agregados.....           | 15        |
| 5.2.5       | Caracterização ambiental do lixiviado .....                       | 16        |
| 5.3         | <i>Construção do trecho experimental .....</i>                    | 23        |
| 5.3.1       | Considerações gerais.....   | 23        |
| 5.3.2       | Classificação laboratorial dos agregados a aplicar .....          | 23        |
| 5.3.3       | Localização do trecho experimental.....                           | 32        |
| 5.3.4       | Metodologia de construção do trecho experimental.....             | 33        |
| 5.3.5       | Ensaio de carga com defletómetro de impacto (FWD) .....           | 39        |
| 5.3.6       | Instrumentação das secções experimentais.....                     | 40        |
| 5.3.7       | Sistema de aquisição .....  | 43        |
| <b>6  </b>  | <b>PUBLICAÇÕES .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>7  </b>  | <b>MISSÕES.....</b>   | <b>45</b> |
| <b>8  </b>  | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                 | <b>47</b> |
| <b>9  </b>  | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>49</b> |
| <b>10  </b> | <b>ANEXOS.....</b>  | <b>51</b> |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 5.1   Aspeto geral do lisímetro .....  | 10 |
| Figura 5.2   Materiais e dispositivos constituintes do lisímetro .....  | 11 |
| Figura 5.3   Lavagem do seixo grosseiro rolado e seu armazenamento.....   | 12 |
| Figura 5.4   Trabalhos de escavação para preparação das cavidades onde foram implantados os lisímetros .....  | 13 |
| Figura 5.5   Construção da camada drenante do lisímetro .....   | 13 |
| Figura 5.6   Procedimento utilizado na compactação do BM no lisímetro e no controlo da sua qualidade .....  | 14 |
| Figura 5.7   Aspeto final dos lisímetros.....   | 15 |
| Figura 5.8   Teor de carbono orgânico dissolvido (DOC) em função de L/S dos lixiviados .....  | 17 |
| Figura 5.9   Teor de cloretos em função de L/S dos lixiviados .....   | 17 |
| Figura 5.10   Teor de sulfatos em função de L/S dos lixiviados.....   | 18 |
| Figura 5.11   Teor de antimónio em função de L/S dos lixiviados .....   | 18 |
| Figura 5.12   Teor de arsénio em função de L/S dos lixiviados .....   | 19 |
| Figura 5.13   Teor de bário em função de L/S dos lixiviados .....   | 19 |
| Figura 5.14   Teor de cromo em função de L/S dos lixiviados.....  | 20 |
| Figura 5.15   Teor de cobre em função de L/S dos lixiviados .....   | 20 |
| Figura 5.16   Teor de chumbo em função de L/S dos lixiviados .....  | 21 |
| Figura 5.17   Teor de molibdénio em função de L/S dos lixiviados.....   | 21 |
| Figura 5.18   Teor de zinco em função de L/S dos lixiviados .....   | 22 |
| Figura 5.19   Constituintes das amostras de Betão Britado (B(T)) e Betão Britado Misto (BM (T)), de acordo com a norma EN 933-11:2009 .....                                       | 24 |
| Figura 5.20   Constituintes das amostras de Mistura Betuminosa Britada (BET-B(T)) e de Mistura Betuminosa Fresada (BET-F(T)), de acordo com a norma EN 933-11:2009 .....          | 24 |
| Figura 5.21   Constituintes da amostra de Betão Britado Misto (BM(T)).....  | 25 |
| Figura 5.22   Constituintes da amostra de Betão Britado (B(T)) .....  | 25 |
| Figura 5.23   Constituintes da amostra de Mistura Betuminosa Britada (BET-B(T)).....  | 26 |
| Figura 5.24   Aspeto das amostras do material betuminoso presente nas amostras BET-B(T) (a) e BET-F(T) (b), quando expostas à luz UV, comparadas com uma amostra de alcatrão..... | 26 |
| Figura 5.25   Curvas granulométricas dos vários tipos de materiais analisados.....  | 27 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 5.26 | Curvas de compactação Proctor modificado dos materiais estudados e respetivas curvas corrigidas (c)..... | 28 |
| Figura 5.27 | Ensaio de lixiviação .....   | 29 |
| Figura 5.28 | Comparação dos resultados obtidos pelo LNEC e pela ALS no ensaio de lixiviação segundo a EN 12457-4      | 31 |
| Figura 5.29 | Implantação do trecho experimental e localização das secções experimentais.....                          | 33 |
| Figura 5.30 | Ensaio da garrafa de areia (à esquerda) e georreferenciação de pontos (à direita) .....                  | 34 |
| Figura 5.31 | Ensaio FWD (à esquerda) e de radar de prospecção (à direita) .....                                       | 34 |
| Figura 5.32 | Trabalhos preparatórios .....  | 35 |
| Figura 5.33 | Mistura e transporte dos materiais a aplicar nos trechos experimentais .....                             | 35 |
| Figura 5.34 | Espalhamento do material granular .....  | 36 |
| Figura 5.35 | Rega e compactação da camada granular .....  | 36 |
| Figura 5.36 | Construção de lisímetro no trecho experimental .....   | 36 |
| Figura 5.37 | Ensaio FWD conciliados com leituras de instrumentação (extensómetros verticais).....                     | 37 |
| Figura 5.38 | Trabalhos preparatórios para a aplicação da camada betuminosa.....                                       | 37 |
| Figura 5.39 | Instalação dos extensómetros horizontais na base da camada betuminosa.....                               | 38 |
| Figura 5.40 | Compactação da camada betuminosa.....  | 38 |
| Figura 5.41 | Aspetto final do trecho experimental .....   | 39 |
| Figura 5.42 | Equipamento FWD do LNEC em ensaio .....  | 39 |
| Figura 5.43 | Planta de instrumentação do topo da fundação e respetivas ligações elétricas.....                        | 40 |
| Figura 5.44 | Planta de instrumentação da base da camada betuminosa e respetivas ligações elétricas. ....              | 41 |
| Figura 5.45 | Aspetto final do extensómetro .....  | 42 |
| Figura 5.46 | Implantação da célula de pressão .....   | 42 |
| Figura 5.47 | Sistema de aquisição .....   | 43 |

## Índice de Quadros

|  |    |
|--|----|
| Quadro 3.1   Reuniões realizadas no âmbito do projeto FCT .....  | 5  |
| Quadro 5.1   Designações dos materiais nas diversas aplicações.....  | 7  |
| Quadro 5.2   Identificação dos ensaios realizados .....  | 8  |
| Quadro 5.3   Quantidades de material aplicado nos vários lisímetros.....   | 15 |
| Quadro 5.4   Resumo das características da camada compactada e comparação com os resultados obtidos no ensaio Proctor modificado ..... | 16 |
| Quadro 5.5   Constituintes das amostras de RCD aplicados nas secções do trecho experimental.....                                       | 25 |
| Quadro 5.6   Valores das massas volúmicas e da absorção de água dos RCD aplicados no trecho experimental .....                         | 27 |
| Quadro 5.7   Resultados dos ensaios de lixiviação – EN 12457-4 .....   | 29 |
| Quadro 5.8   Resultados dos ensaios de lixiviação – NP EN 1744-3.....  | 32 |
| Quadro 6.1   Documentos elaborados no âmbito do Projeto SUPREMA.....   | 44 |

**“SUPREMA – APLICAÇÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)  
EM INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS ”**

**RELATÓRIO DE PROGRESSO DO PROJETO PTDC/ECM/100931/2008 – Ano 3**

## **1 | INTRODUÇÃO**

---

O presente projeto visa contribuir para a aplicação sustentável de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) em infraestruturas rodoviárias, através da viabilização da sua utilização em camadas granulares não ligadas de base e de sub-base e de leito de pavimento.

O principal objetivo do Projeto SUPREMA é dar resposta às questões colocadas pelo meio técnico nacional e internacional sobre a reciclagem de RCD nas aplicações acima mencionadas, através do desenvolvimento das seguintes linhas de investigação:

- avaliação das características geomecânicas e geoambientais de diferentes tipos de RCD, função da origem, metodologia de triagem e composição final,
- comportamento de RCD enquanto materiais granulares não ligados e sua comparação com os materiais naturais,
- determinação dos parâmetros a utilizar no dimensionamento de pavimentos, considerando a aplicação de RCD,
- estudo dos aspetos construtivos a desenvolver e aplicar, função do tipo de RCD, para a utilização destes materiais em camadas não ligadas de base e de sub-base e de leito de pavimento.

Os principais resultados esperados com o desenvolvimento deste projeto são a elaboração de recomendações práticas para projeto e construção de pavimentos rodoviários com a utilização de RCD, que incluirá um guia para a aplicação de misturas betuminosas fresadas como materiais granulares não ligados em camadas de sub-base e de leito de pavimento.

Os membros da equipa de investigação pertencentes às duas instituições integradas neste projeto, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P. (LNEC) e o Instituto Superior Técnico (IST), participam em todas as tarefas listadas acima, como investigadores, líderes das tarefas e orientadores científicos.

As tarefas previstas para o Ano 3 dizem respeito ao desenvolvimento das ações a seguir apresentadas.

- I. Execução de ensaios de lixiviação em coluna sobre as amostras selecionadas dos RCD e do agregado natural (tarefa 2). Esta tarefa estava prevista iniciar-se no Ano 1. O adiamento justifica-se com o atraso na aquisição do equipamento necessário à sua realização e na adjudicação da

prestação de serviços para a realização das análises químicas ao lixiviado produzido nos ensaios, por limitações ao seu financiamento.

- II. Execução de ensaios triaxiais cíclicos sobre amostras selecionadas a partir do conjunto dos RCD e do agregado natural caracterizados laboratorialmente (Tarefa 3), em resultado do adiamento desta tarefa inicialmente prevista para o Ano 2.
- III. Planeamento e execução de um trecho experimental, à escala real, com a aplicação dos RCD e do agregado natural selecionados na camada de base granular, instrumentada durante a construção com extensómetros e células de carga, para avaliação do desempenho mecânico, e com lisímetros, para avaliação do desempenho ambiental (Tarefa 4).
- IV. Análise comparativa do comportamento dos materiais, considerando os resultados obtidos no estudo de laboratório (Tarefas 2 e 3), com o seu desempenho, através do acompanhamento da execução e da monitorização do trecho experimental. A partir deste estudo proceder-se-á à preparação de recomendações que contribuam para as melhores práticas na construção das obras rodoviárias com estes materiais (Tarefas 5 e 6).
- V. Promoção da divulgação dos resultados obtidos no projeto SUPREMA, através da publicação de artigos em revistas nacionais e internacionais, apresentação de trabalhos em seminários nacionais e internacionais e organização de um seminário no final do projeto (Tarefa 7).

As tarefas desenvolvidas no Ano 3 foram fortemente condicionadas pela ocorrência de fatores alheios à equipa de projeto, decorrentes, conforme apresentado no relatório técnico do projeto do Ano 2 [Freire, *et. al.*, 2012], da alienação das amostras selecionadas e já caracterizadas para estudo, o que obrigou a que as Tarefas 1 e 2 tivessem de ser repetidas durante o Ano 2, com o conseqüente atraso na execução do projeto.

Acrescem ainda as fortes restrições orçamentais a que o LNEC tem sido sujeito nos últimos anos e que dificultaram a normal prossecução das atividades a desenvolver no âmbito do projeto em apreço.

Durante o Ano 3 do Projeto SUPREMA verificou-se a concretização da Tarefa 4, correspondente à construção do trecho experimental com a aplicação na camada granular de RCD e de agregado natural e à sua instrumentação, por um lado, e à monitorização do desempenho dos materiais aplicados, por outro, continuando em curso o acompanhamento, quer do ponto de vista mecânico quer ambiental, uma vez que é do maior interesse observar e analisar a sua evolução ao longo do tempo.

No âmbito desta tarefa e na sequência das ocorrências verificadas no local selecionado para a construção do trecho experimental, oportunamente mencionadas, tomou-se a decisão de avaliar o desempenho ambiental dos RCD e do agregado natural em lisímetros construídos no Campus do LNEC, dada a necessidade de iniciar a recolha dos lixiviados, produzidos pela passagem das águas da chuva através dos materiais aplicados. Esta avaliação é complementada através da instrumentação do trecho experimental com lisímetros construídos a partir de dois RCD selecionados.

No âmbito da Tarefa 2 procedeu-se à aquisição das colunas de lixiviação e dos acessórios necessários, da Tarefa 3, à aquisição dos equipamentos e acessórios necessários à adaptação do equipamento servo-hidráulico existente no LNEC, e da Tarefa 5, à aquisição de um *software* de elementos finitos.

No que respeita à Tarefa 7, de disseminação dos resultados alcançados, esta tem sido executada ao longo do Ano 2 e do Ano 3, com a apresentação de 2 comunicações a congressos internacionais, 2 comunicações a congressos nacionais, 1 artigo a uma revista nacional e um total de 2 apresentações orais realizadas nas Jornadas de Investigação e Inovação LNEC e em seminários nacionais. De acordo com o planeamento previsto para o projeto, esta tarefa será complementada com a publicação de artigos em revistas internacionais com *arbitragem científica* e com a realização de um seminário para divulgação dos resultados no meio técnico nacional, que se considera da maior relevância para haver a transferência dos resultados e dos conhecimentos adquiridos no projeto para a comunidade técnica nacional e a sua correspondente implementação prática.

Em 2013/02/07, na sequência de um pedido de prorrogação do prazo de conclusão do Projeto SUPREMA, foi autorizada pela FCT a sua extensão por 6 meses, até 2013/07/31, por forma a permitir a conclusão do plano de trabalhos previsto na proposta de candidatura.

Neste relatório apresenta-se a atividade desenvolvida durante o terceiro ano de execução do Projeto SUPREMA, identificado como “Ano 3” (de 2012/02/01 a 2013/01/31) e uma nova *Timeline* com a proposta da nova programação dos trabalhos a realizar tendo em vista a concretização das tarefas constantes do Projeto SUPREMA.

## 2 | CONSTITUIÇÃO DA EQUIPA

---

A constituição da equipa manteve-se inalterada durante o Ano 3 de execução do Projeto SUPREMA, sendo, nesta data, formada pelos seguintes elementos:

- Ana Cristina Ferreira de Oliveira Rosado Freire, Investigadora Responsável do Projeto, LNEC
- José Manuel Coelho das Neves, IST/CESUR
- António José Pereira Mendes Roque, LNEC
- Isabel Maria Milagre Martins, LNEC
- Maria de Lurdes Baptista da Costa Antunes, LNEC
- Gonçalo Alexandre Ruas Faria, Bolseiro de Investigação FCT

### 3 | REUNIÕES EFETUADAS

No seguimento dos trabalhos desenvolvidos durante o primeiro e segundo ano do projeto de investigação, foi dada continuidade à metodologia de trabalho utilizada anteriormente.

Deste modo foram realizadas, durante o Ano 3 de projeto, as reuniões indicadas no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 | Reuniões realizadas no âmbito do projeto FCT

| Reunião     | Data de realização | Assuntos tratados  |
|-------------|--------------------|--|
| 15ª reunião | Fevereiro 2012     | Discussão sobre o ponto da situação do relatório de progresso do Ano 2 e sobre o estado de concretização do projeto, com reajustamento das tarefas a realizar.   |
| 16ª reunião | Março 2012         | Discussão sobre a redefinição da localização do trecho experimental a construir nas instalações da AMBIGROUP.<br>Ponto da situação sobre o estado da instrumentação a aplicar no trecho experimental.  |
| 17ª reunião | Abril 2012         | Discussão sobre o andamento dos trabalhos na obra. O atraso verificado justificou a tomada de decisão de construir lisímetros com todos os materiais selecionados no Campus do LNEC, limitando a construção de lisímetros em obra a dois dos materiais selecionados.   |
| 18ª reunião | Junho 2012         | Discussão do ponto de situação da obra.<br>Discussão dos trabalhos preparatórios para o arranque da construção dos trechos experimentais.<br>Relato dos trabalhos efetuados durante a construção dos 6 lisímetros no Campus do LNEC.   |
| 19ª reunião | Setembro 2012      | Balanço dos trabalhos de acompanhamento da construção do trecho experimental e de instalação da instrumentação.<br>Ponto da situação sobre o estado de concretização da adaptação do equipamento servo-hidráulico para a realização dos ensaios triaxiais e da aquisição das colunas para os ensaios de lixiviação em laboratório. |
| 20ª reunião | Novembro 2012      | Discussão do ponto de situação do projeto.<br>Definição da metodologia a adotar nas campanhas de ensaios com defletómetro de impacto (FWD).  |
| 21ª reunião | Dezembro 2012      | Discussão dos resultados obtidos nas análises químicas aos lixiviados periodicamente recolhidos nos lisímetros instalados no Campus do LNEC.<br>Ponto da situação sobre os trabalhos desenvolvidos desde setembro.   |

## 4 | AQUISIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO E SERVIÇOS

---

No âmbito da avaliação do comportamento ambiental das diferentes amostras de RCD, procedeu-se à conceção dos lisímetros e à aquisição do material necessário à sua construção, designadamente, recipientes em plástico com cerca de 1 m<sup>2</sup> de área e 0,5 m de altura, cascalho fino e cascalho grosso, bidons de 65 l, jerricans de 10 e 20 l, tubagem e outros acessórios.

O lixiviado recolhido nos lisímetros construídos no Campus do LNEC e no trecho experimental é enviado para análise química na empresa adjudicada para o efeito, a *ALS Laboratory Group*, da República Checa, através da sua representada no território nacional. Esta mesma empresa já fez, no âmbito deste projeto, a análise dos agregados reciclados selecionados e do agregado natural bem como dos respetivos eluatos de acordo com os critérios previstos na legislação em vigor para a admissão de resíduos em aterro. A mesma empresa fará a análise química dos lixiviados resultantes dos ensaios de lixiviação em coluna.

Foram igualmente realizados no LNEC ensaios de lixiviação de acordo com as normas EN 12457-4: 2002 e NP EN 1744-3: 2005, para avaliação da libertação de contaminantes a curto prazo e comparação dos métodos.

## 5 | ESTUDO EXPERIMENTAL

### 5.1 Ações desenvolvidas

Complementarmente aos materiais selecionados e caracterizados no âmbito das Tarefas 1 e 2, e dados os factos reportados no relatório do Ano 2, foi ensaiado laboratorialmente um novo conjunto de RCD que posteriormente foi aplicado na camada granular das quatro seções da instalação experimental construída – adiante designada por trecho experimental (Tarefa 4).

As designações adotadas na identificação dos materiais usados nas diversas aplicações são apresentadas no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 | Designações dos materiais nas diversas aplicações

| Material  | Designação do material selecionado segundo a sua proveniência | Designação do material selecionado para aplicação em lisímetro (LL) | Designação do material selecionado para aplicação no trecho experimental (T) |
|---|---|---|--|
| Mistura Betuminosa Britada                          | (ARA_R3.1)  | BET-B   | BET-B(T)   |
| 70%Agregado Natural + 30%Mistura Betuminosa Fresada | (70ABGE_N + 30ARA_R3.2)                                       | 70ABGE + 30BET-F  | 70ABGE(T) + 30BET-F(T)   |
| Betão Britado                                       | (ARB_R1)  | B   | -  |
| Betão Britado Misto                                 | (ARM_R2)  | BM  | -  |
| 50%Betão Britado + 50% Betão Britado Misto          | -   | -   | 50B(T) + 50BM(T)   |
| Agregado Natural                                    | (ABGE_N)  | ABGE  | ABGE(T)  |
| Seixo rolado  | (REF)   | (REF)   | -  |

Legenda:

LL – Lisímetro instalado no LNEC;

Todos estes materiais foram submetidos a ensaios laboratoriais, designadamente os materiais resultantes da composição de 70% de **ABGE(T)** com 30% de **BET-F(T)** e de 50% de **B(T)** com 50% de **BM(T)**.

No Quadro 5.2 identificam-se de forma sumária os ensaios laboratoriais realizados para a classificação dos constituintes dos materiais aplicados no trecho experimental e avaliação das suas propriedades geométricas e físicas.

Quadro 5.2 | Identificação dos ensaios realizados

| Ensaio   | Norma                        | Agregado                              |                                       |                      |                             |                  |                            |                        |
|--|------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------------------|------------------|----------------------------|------------------------|
|  |                              | Mistura Betuminosa Fresada (BET-F(T)) | Mistura Betuminosa Britada (BET-B(T)) | Betão Britado (B(T)) | Betão Britado Misto (BM(T)) | 50B(T) + 50BM(T) | Agregado Natural (ABGE(T)) | 70ABGE(T) + 30BET-F(T) |
| Constituintes das amostras                                   | EN 933-11: 2009              | ✓                                     | ✓                                     | ✓                    | ✓                           | nd               | nd                         | nd                     |
| Granulometria  | NP EN 933-1: 2000            | ✓                                     | ✓                                     | ✓                    | ✓                           | nd               | ✓                          | ✓                      |
|  | EN 933-1:1997/A 1: 2005      |                                       |                                       |                      |                             |                  |                            |                        |
| Massas volúmicas e Absorção de água (fração 0,063 / 31,5 mm) | NP EN 1097-6: 2003           | nd                                    | ✓                                     | nd                   | nd                          | ✓                | nd                         | ✓                      |
|  | NP EN 1097-6: 2003/A 1: 2010 |                                       |                                       |                      |                             |                  |                            |                        |
| Ensaio de compactação Proctor                                | EN 13286-2: 2010             | nd                                    | ✓                                     | nd                   | nd                          | ✓                | ✓                          | ✓                      |
| Identificação qualitativa da presença de alcatrão            | Projecto SAMARIS*            | ✓                                     | ✓                                     | nd                   | nd                          | nd               | nd                         | nd                     |

\* Método de coloração - "Staining test" - Projeto europeu "SAMARIS" - Sustainable and Advanced Materials for Road InfraStructure - Procedures for Identifying Hazardous Components in Materials for Asphalt"

nd – não determinado

No seguimento do que foi realizado e mencionado no relatório de progresso do projeto Ano 2, os RCD aplicados no trecho experimental **(T)**, ou seja, o betuminoso britado **(BET-B(T))**, a mistura 50-50 de betão britado com betão britado misto **(50B(T) + 50BM(T))**, o agregado natural **(ABGE(T))** e a mistura 70-30 de agregado natural com betuminoso fresado, respetivamente **(70ABGE(T) + 30BET-F(T))**, foram também submetidos ao mesmo tipo de ensaios de caracterização ambiental, nomeadamente:

- Ensaios de lixiviação realizados no LNEC de acordo com as normas EN 12457-4: 2002 e NP EN 1744-3: 2005 (neste caso apenas para o material **(50B(T) + 50BM(T))**), para avaliar a libertação de contaminantes a curto prazo.
- Ensaios sobre os RCD e respetivos eluatos, realizados pela empresa ALS, com a determinação de todos os parâmetros previstos na legislação portuguesa em vigor para a admissão de resíduos em aterro.

Numa obra a cargo da AMBIGROUP, localizada no Seixal, foram construídas quatro secções no trecho experimental, totalizando uma extensão de cerca de 100 m, com a aplicação na camada granular dos seguintes materiais:

- Trecho 1 – **BET-B(T)**;
- Trecho 2 – **50B(T) + 50BM(T)**;
- Trecho 3 – **ABGE(T)**;
- Trecho 4 – **70ABGE(T) + 30BET-F(T)**.

Durante a construção das quatro secções foram aplicados os equipamentos de instrumentação, nomeadamente, extensómetros, células de carga e termístores. A secção construída com a mistura de betão (**50B(T) + 50BM(T)**), ficou igualmente instrumentada com um lisímetro.

Os lisímetros para o estudo da libertação de substâncias perigosas nos cinco tipos de RCD e no agregado natural selecionados foram construídos no Campus do LNEC, em antecipação à construção do trecho experimental, dados os atrasos observados para o seu início.

A concretização desta alteração foi validada por duas razões principais: entender-se que a mudança de local não influenciava a lixiviação dos materiais em estudo pela água das chuvas, e haver a necessidade de concluir a construção dos lisímetros até ao início do período de maior probabilidade de ocorrência de precipitação.

## 5.2 Construção dos lisímetros no Campus do LNEC

### 5.2.1 Características gerais

O lisímetro é um equipamento constituído por um recipiente estanque na base e aberto no topo (Fig. 5.1a), enterrado no solo, dentro do qual é colocado e compactado o material a estudar, sobre uma camada de material drenante (por ex. cascalho), por um reservatório (Fig. 5.1b), no qual é recolhido o lixiviado resultante da percolação das águas da chuva através do material, e por uma tubagem, que estabelece a ligação entre ambos (Fig. 5.1b).

A Fig. 5.1a mostra pormenores da tubagem no interior do recipiente estanque antes da colocação do material.

Nos seis lisímetros construídos no Campus do LNEC foram colocados os materiais seguintes:

- cascalho fino e grosseiro, rolado, que constitui o material de referência (**REF**);
- agregado natural britado de granulometria extensa (**ABGE**);
- agregado reciclado proveniente de resíduos da britagem de betão (**B**);
- agregado reciclado proveniente de resíduos mistos compostos de alvenaria e betão (**BM**);
- agregado reciclado proveniente de misturas betuminosas britadas (**BET-B**);
- agregado reciclado proveniente de misturas betuminosas fresadas (30%) com agregado natural britado de granulometria extensa (70%) (**70ABGE + 30BET-F**).



(a)



(b)

Figura 5.1 | Aspeto geral do lisímetro

A construção dos lisímetros requereu a preparação prévia do local de implantação, dos diferentes materiais utilizados na construção do equipamento e dos agregados (naturais e reciclados).

Nas secções seguintes são descritos estes trabalhos preparatórios, a metodologia seguida na construção do equipamento e os trabalhos realizados na fase de monitorização, que continua em curso.

## 5.2.2 Trabalhos preparatórios

- Elementos constituintes do equipamento

Os três recipientes apresentados na Figura 5.2a foram utilizados na construção dos seis lisímetros, mediante o corte dos mesmos a meia altura para obtenção dos recipientes estanques na base e abertos no topo. Previamente ao corte, procedeu-se à sua lavagem através de jato de água, seguida da aplicação de uma solução de ácido nítrico a 10%, de modo a eliminar toda a possível contaminação. Por último, foi utilizada água destilada, seguida de água ultrapura, produzida com o equipamento adquirido ao abrigo do projeto.

Posteriormente ao seccionamento dos recipientes, cada metade foi perfurada junto da base de uma das paredes laterais, ao centro, para implantação do dispositivo (Figura 5.2b) que permite montar a tubagem de ligação do recipiente ao reservatório, previamente mostrada na Figura 5.1b.

A Figura 5.2c mostra um pormenor da tubagem no interior do recipiente, perfurada radialmente e com a extremidade protegida com rede para impedir a entrada do cascalho utilizado na construção da camada de drenagem. Na lavagem da tubagem utilizou-se o mesmo procedimento de lavagem aplicado ao recipiente.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.2 | Materiais e dispositivos constituintes do lisímetro

- Materiais

O seixo rolado adquirido para construir a camada de drenagem dos lisímetros foi previamente submetido a um processo de lavagem com água da rede de abastecimento público (Figura 5.3a), seguindo-se, sem permitir a sua secagem, a lavagem com água destilada, seguida de água ultrapura (Figura 5.3b), tendo como objetivo a remoção de poeiras e a eliminação de qualquer contaminação.

Até à sua utilização na construção dos lisímetros, o material ficou armazenado em recipientes plásticos, fechados (Figura 5.3c).



(a)



(b)



(c)

Figura 5.3 | Lavagem do seixo grosseiro rolado e seu armazenamento

Relativamente ao agregado natural (**ABGE**) e aos quatro agregados reciclados (**B**, **BM**, **BET-B**, **70ABGE + 30BET-F**), foi determinado o teor em água dos mesmos, de acordo com a norma EN 1097-5: 2008, de modo a definir a quantidade de água a adicionar a cada material para se obter o teor em água ótimo do ensaio Proctor modificado durante a sua compactação, quando aplicados nos lisímetros.

- Escavações

No local de implantação dos lisímetros foram realizadas seis cavidades, cada uma com 1,00m x 1,00m x 0,30m (Figura 5.4a), para receberem os recipientes previamente preparados e estes ficarem parcialmente enterrados, proporcionando, deste modo, o confinamento das paredes do recipiente contra o terreno.

A base de cada uma das cavidades ficou com uma inclinação de cerca de 3%, para facilitar o escoamento do lixiviado recolhido na camada drenante para o reservatório. A Figura 5.4b mostra em pormenor uma das cavidades escavadas.



(a)



(b)

Figura 5.4 | Trabalhos de escavação para preparação das cavidades onde foram implantados os lisímetros

### 5.2.3 Metodologia de construção dos lisímetros

A construção dos lisímetros foi iniciada com a colocação dos recipientes em cada uma das cavidades escavadas no terreno. Concluída esta operação, procedeu-se ao seu preenchimento com o cascalho rolado, para formação da camada drenante (Figura 5.5a). Primeiramente foi despejado o cascalho grosseiro (Figura 5.5b), num total de aproximadamente 173 kg, e, em seguida, o cascalho fino (Figura 5.5c), num total de cerca de 73 kg, por cada lisímetro construído.



(a)



(b)



(c)

Figura 5.5 | Construção da camada drenante do lisímetro

Previamente à compactação dos agregados sobre a camada drenante, adicionou-se água a estes materiais na quantidade necessária para ser atingido o teor em água ótimo de compactação, determinado a partir do ensaio Proctor modificado.

Cada material foi inicialmente espalhado sobre uma geomembrana limpa e seca, e em seguida foi adicionada a água prevista, com mistura permanente do material, conforme exemplificado na Figura 5.6a para o material **BM**, por forma a não haver perda de água e se obter uma massa homogênea.

O material foi em seguida pesado e transportado para o lisímetro onde foi despejado e espalhado (Figura 5.6b), antes de ser compactado (Figura 5.6c). O controlo de qualidade da compactação foi efetuado mediante a realização do ensaio da garrafa de areia (Figura 5.6d) e determinação do teor em água em estufa.

À medida que os materiais (cascalho e agregado) iam sendo vazados para o lisímetro, o espaço existente entre o recipiente e o terreno natural de fundação foi preenchido com solo local e devidamente compactado.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5.6 | Procedimento utilizado na compactação do BM no lisímetro e no controlo da sua qualidade

No Quadro 5.3 são apresentadas as quantidades de agregado aplicadas em cada lisímetro.

Quadro 5.3 | Quantidades de material aplicado nos vários lisímetros

| Lisímetro | Agregado   | Quantidade de agregado (kg) |
|-----------|--|-----------------------------|
| 1         | Betão Britado ( <b>B</b> )   | 217,75                      |
| 2         | Mistura Betuminosa Britada ( <b>BET-B</b> )                                      | 196,97                      |
| 3         | 70% Agregado Natural + 30% Mistura Betuminosa Fresada ( <b>70ABGE+ 30BET-F</b> ) | 194,51                      |
| 4         | Betão Britado Misto ( <b>BM</b> )  | 195,61                      |
| 5         | Agregado Natural ( <b>ABGE</b> )   | 223,76                      |
| 6         | Seixo rolado ( <b>REF</b> )  | 245,18*                     |

\*Quantidade idêntica foi aplicada na camada de drenagem dos lisímetros 1 a 5

Com o objetivo de proteger a superfície do agregado compactado, nomeadamente de animais e da folhagem, foi aplicada uma rede em plástico no topo dos lisímetros (Figura 5.7a). Para impedir a entrada de água de escorrência superficial nos lisímetros, o recipiente ficou cerca de 0,15 m acima da cota do terreno natural envolvente e no perímetro do mesmo foi colocado cascalho grosso rolado (Figura 5.7a). A Figura 5.7b mostra o campo experimental concluído com os seis lisímetros.



(a)



(b)

Figura 5.7 | Aspeto final dos lisímetros

#### 5.2.4 Características da camada compactada dos agregados

O ensaio da garrafa de areia foi realizado na camada dos agregados compactados de acordo com a especificação LNEC E 204, obtendo-se a compacidade do material correspondente e o seu teor em água.

Com base nos resultados do ensaio Proctor modificado apresentados no relatório do Ano 2, determinou-se o grau de compactação de cada camada nos lisímetros (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 | Resumo das características da camada compactada e comparação com os resultados obtidos no ensaio Proctor modificado

| Lisímetro | Agregado aplicado  | Espessura da camada (cm) | Ensaio da garrafa de areia    |                  | Ensaio Proctor modificado     |                        | Grau de compactação (%) |
|-----------|--|--------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
|           |  |                          | Baridade (g/cm <sup>3</sup> ) | Teor em água (%) | Baridade (g/cm <sup>3</sup> ) | Teor em água ótimo (%) |                         |
| 1         | Betão Britado (B)  | 14,5                     | 1,802                         | 7,4              | 1,816*                        | 16,4*                  | ---                     |
| 2         | Mistura Betuminosa Britada (BET-B)                                     | 12,5                     | 2,057                         | 6,1              | 2,060*                        | 5,8*                   | 99,7                    |
| 3         | 70%Agregado Natural + 30%Mistura Betuminosa Fresada (70ABGE + 30BET-F) | 11,0                     | 2,222                         | 3,6              | 2,085                         | 4,0                    | 100,0                   |
| 4         | Betão Britado Misto (BM)   | 11,0                     | 1,945                         | 9,7              | 2,054*                        | 8,7*                   | 95,3                    |
| 5         | Agregado Natural (ABGE)  | 14,0                     | 1,988                         | 4,1              | 2,277                         | 5,8                    | 87,3                    |
| 6         | Seixo rolado (REF)   | N/A                      | N/A                           | N/A              | N/A                           | N/A                    | N/A                     |

\*Valor corrigido. A fração 60/31,5 mm deste material apresentou um elevado valor de absorção de água, aumentando o teor em água ótimo corrigido.

N/A – Não aplicável.

### 5.2.5 Caracterização ambiental do lixiviado

Em cada lisímetro são recolhidas ao longo do tempo 7 tomas de lixiviado para análise química na ALS. O volume recolhido em cada toma é proporcional ao que será recolhido nos ensaios de lixiviação em coluna, seguindo as recomendações indicadas em CEN/TS 14405:2004, tendo por objetivo comparar os resultados obtidos em cada equipamento. O total das tomas dos lixiviados recolhidos nos lisímetros e nas colunas corresponde a uma proporção líquido/sólido igual à utilizada nos ensaios de lixiviação realizados pela norma EN 12457-4: 2002, 10l (líquido):1kg (sólido). Os resultados obtidos nos três tipos de ensaio permitirão verificar se a libertação de componentes no ensaio de lixiviação segundo a norma EN 12457-4: 2002, exigido pela legislação portuguesa para verificação da admissibilidade dos resíduos numa das três classes dos aterros de resíduos, é comparável com as obtidas nos lisímetros e nos ensaios de lixiviação em coluna, ou se, por outro lado, é conservativa.

Os teores acumulados das diferentes espécies químicas analisadas, até à presente data, nos lixiviados dos lisímetros, expressas em mg/kg, são apresentados nas Figuras 5.8 a 5.18 para os diversos materiais em estudo. Excetuam-se os teores de níquel e de selénio por se encontrarem abaixo do limite de deteção para as diferentes razões líquido/sólido acumuladas. De referir que para estes foram determinados os teores máximos acumulados que poderiam ocorrer considerando o valor do limite de deteção como valor máximo em cada recolha de lixiviado. Assim, para o níquel o teor máximo atual é 0,006 mg/kg e para o selénio é 0,01 mg/kg.

Como a razão líquido/sólido (L/S) dos lixiviados dos lisímetros ainda se encontra bastante afastada da que é utilizada nos ensaios de lixiviação laboratoriais até agora realizados ainda não é possível retirar conclusões sobre os teores libertados.

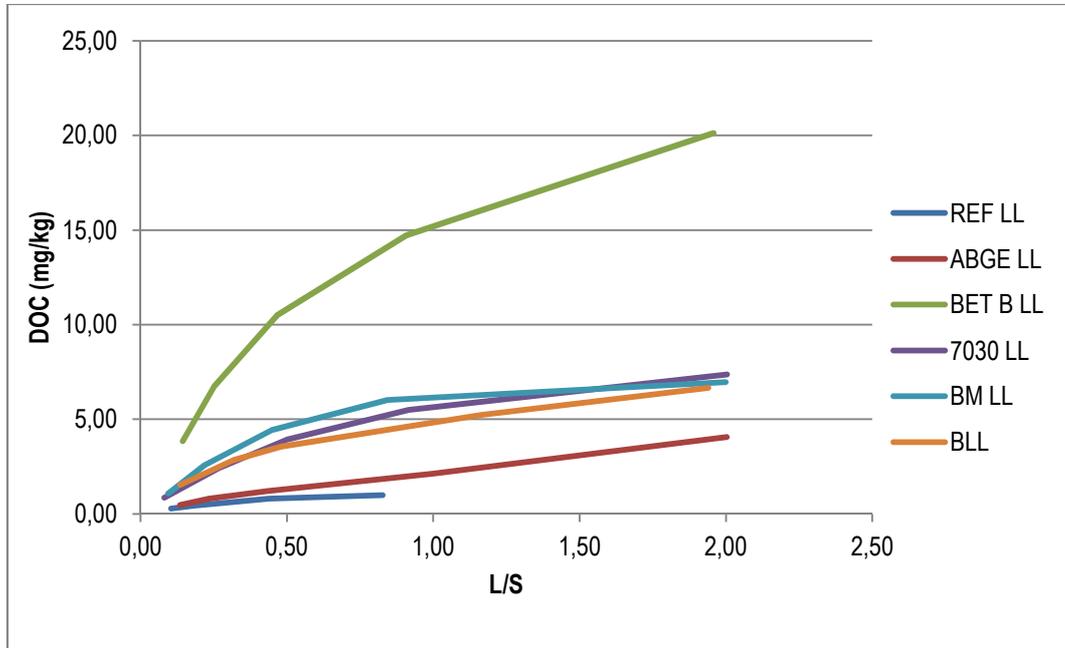


Figura 5.8 | Teor de carbono orgânico dissolvido (DOC) em função de L/S dos lixiviados

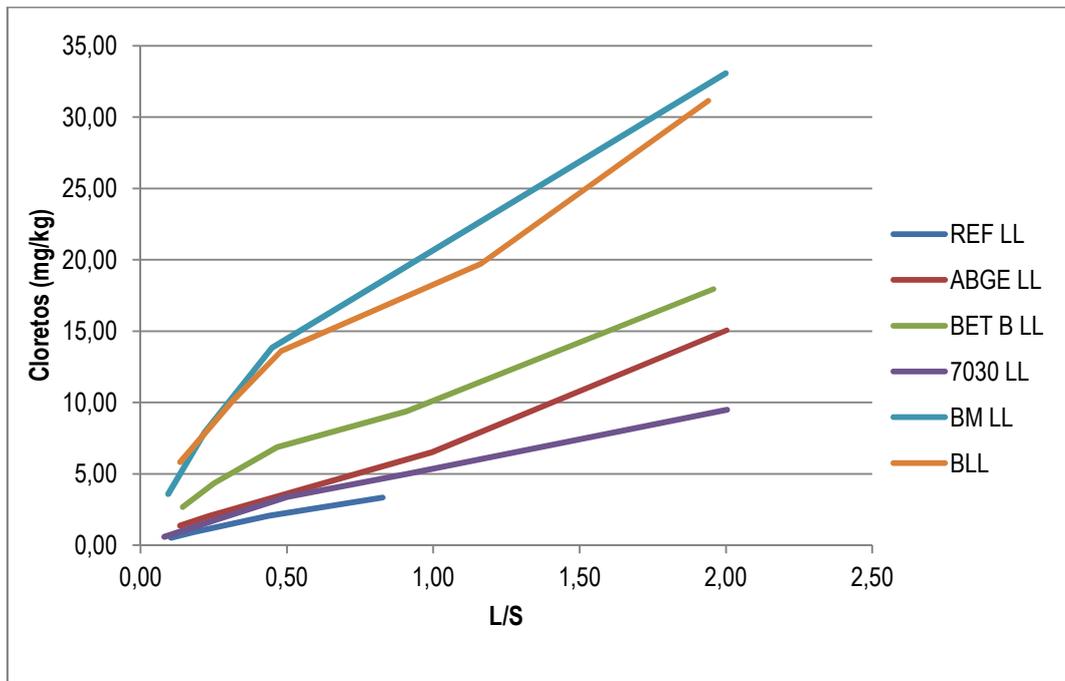


Figura 5.9 | Teor de cloretos em função de L/S dos lixiviados

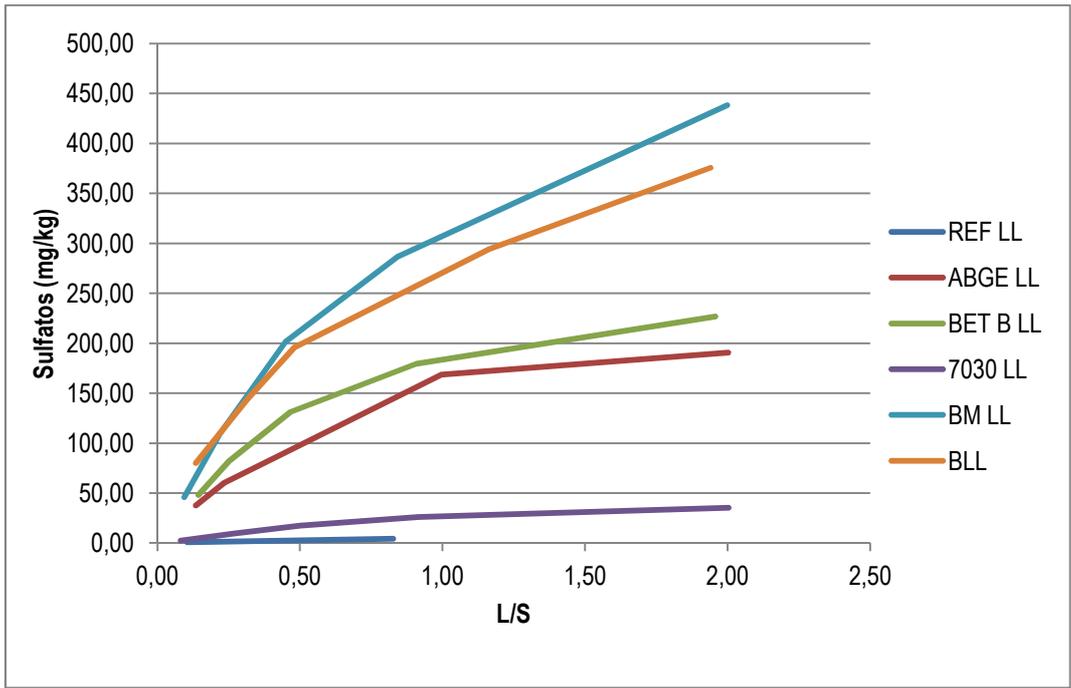


Figura 5.10 | Teor de sulfatos em função de L/S dos lixiviados

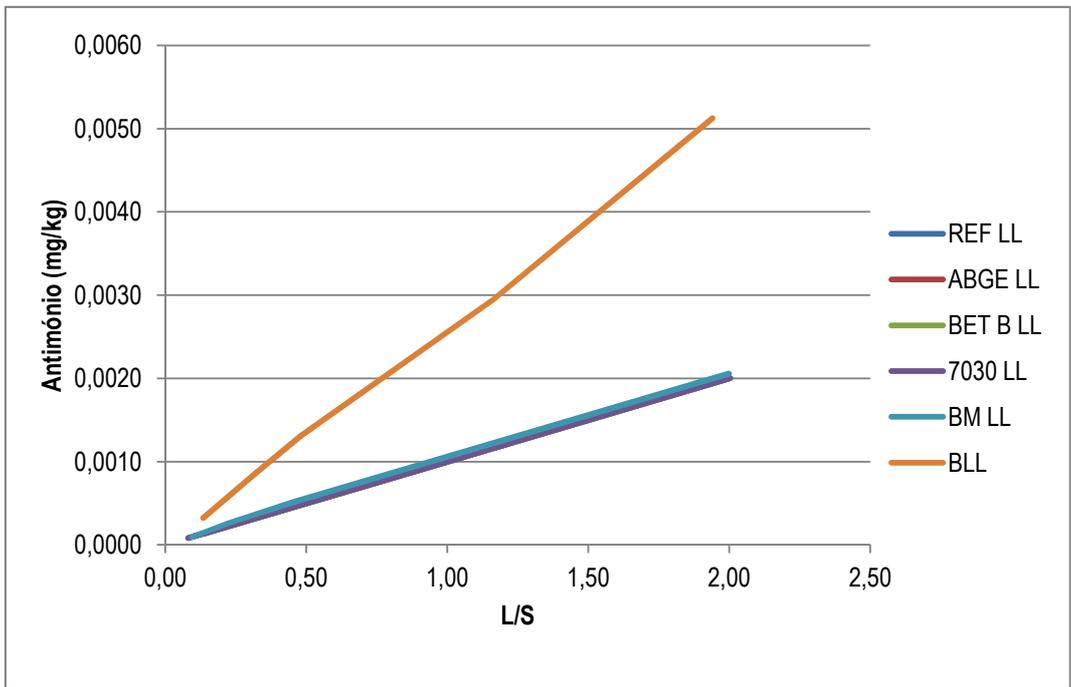


Figura 5.11 | Teor de antimônio em função de L/S dos lixiviados

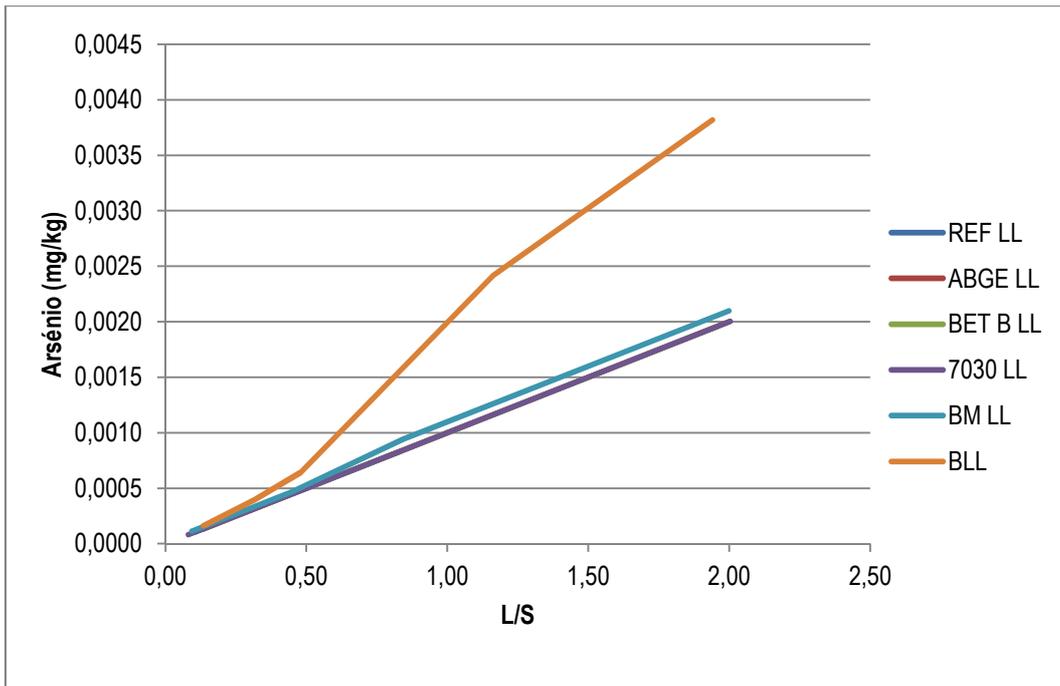


Figura 5.12 | Teor de arsénio em função de L/S dos lixiviados

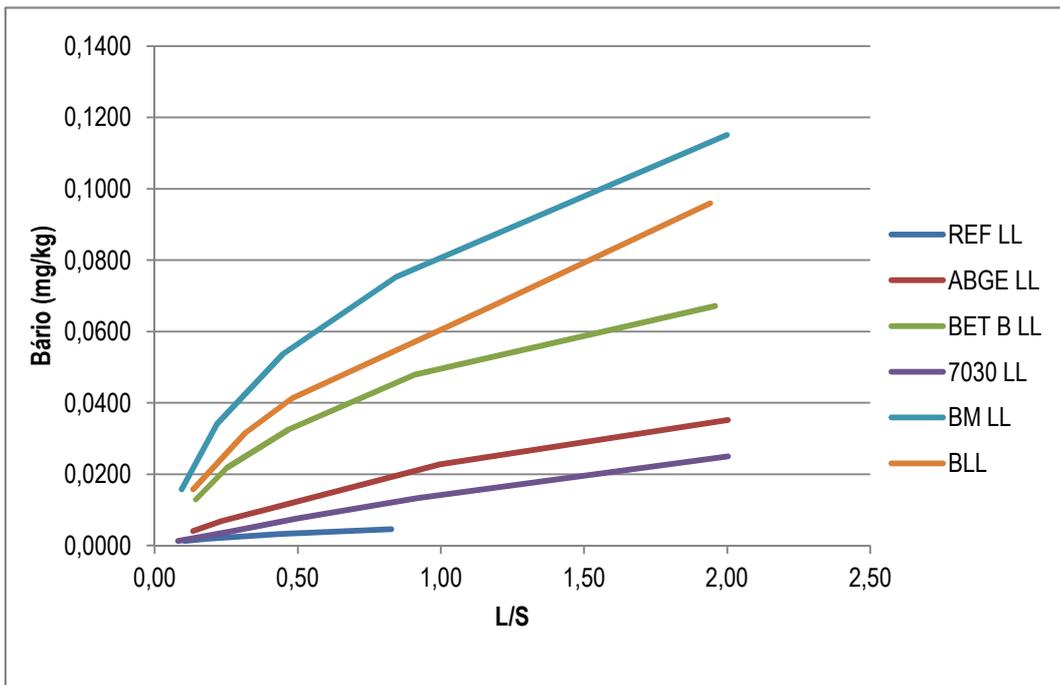


Figura 5.13 | Teor de bário em função de L/S dos lixiviados

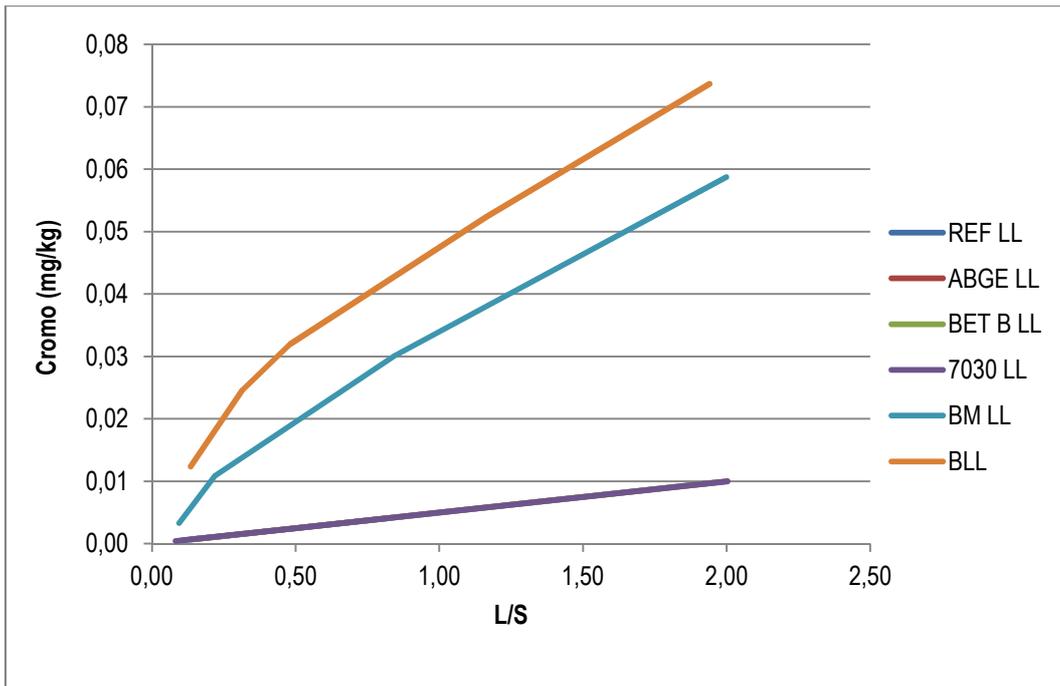


Figura 5.14 | Teor de cromo em função de L/S dos lixiviados

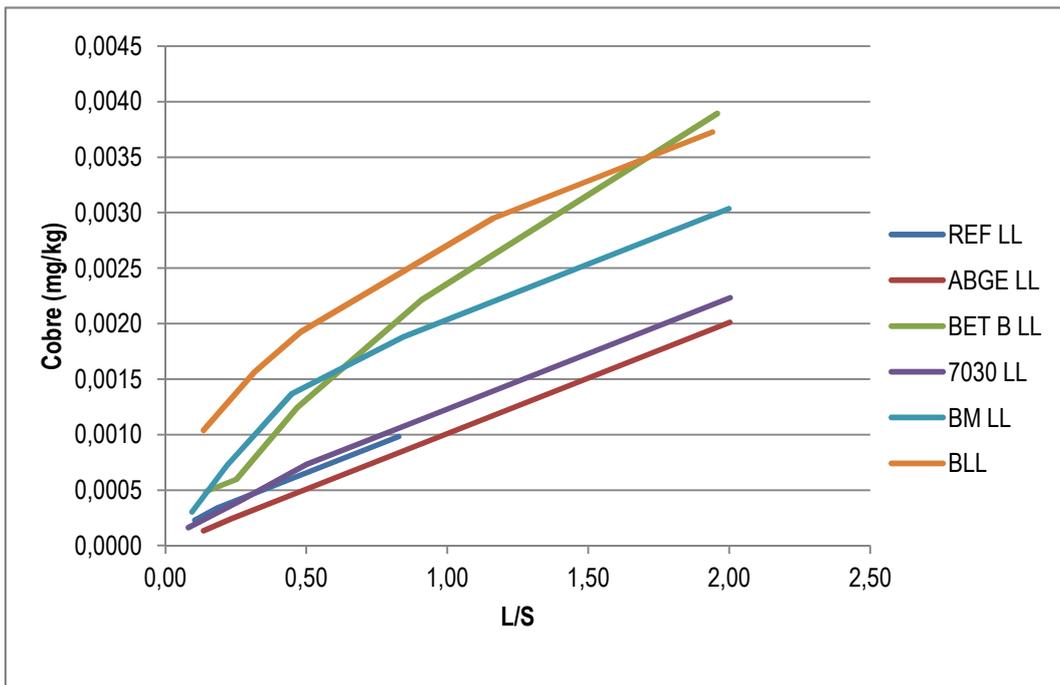


Figura 5.15 | Teor de cobre em função de L/S dos lixiviados

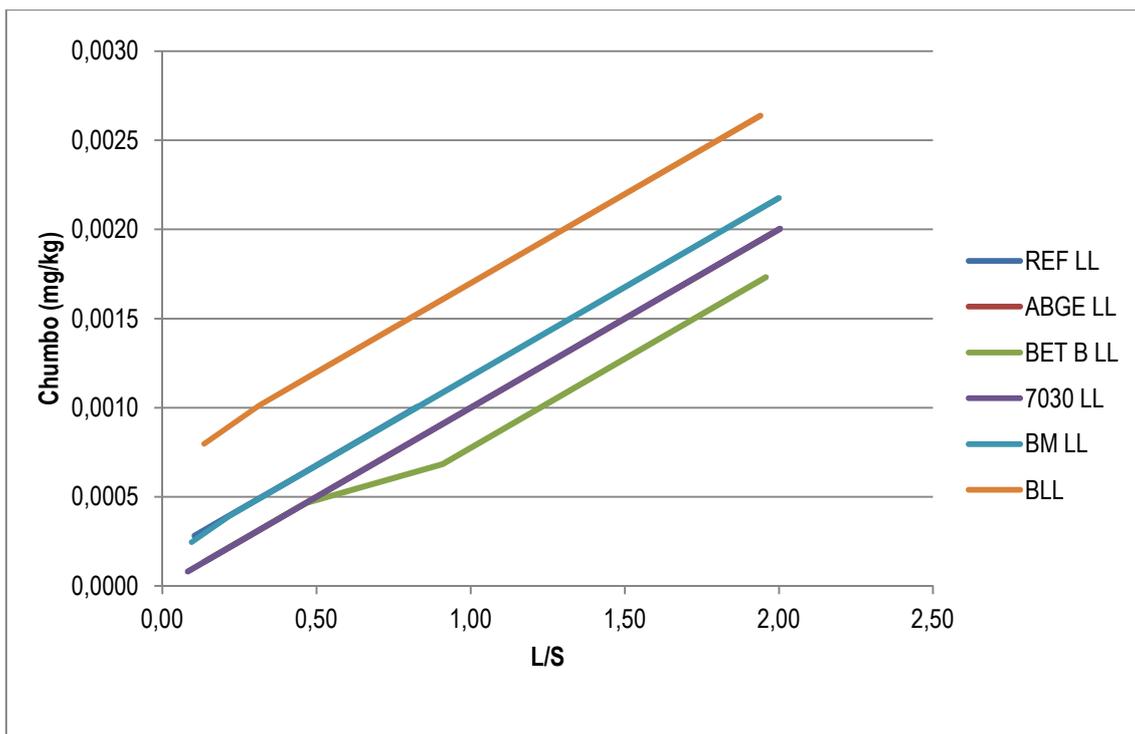


Figura 5.16 | Teor de chumbo em função de L/S dos lixiviados

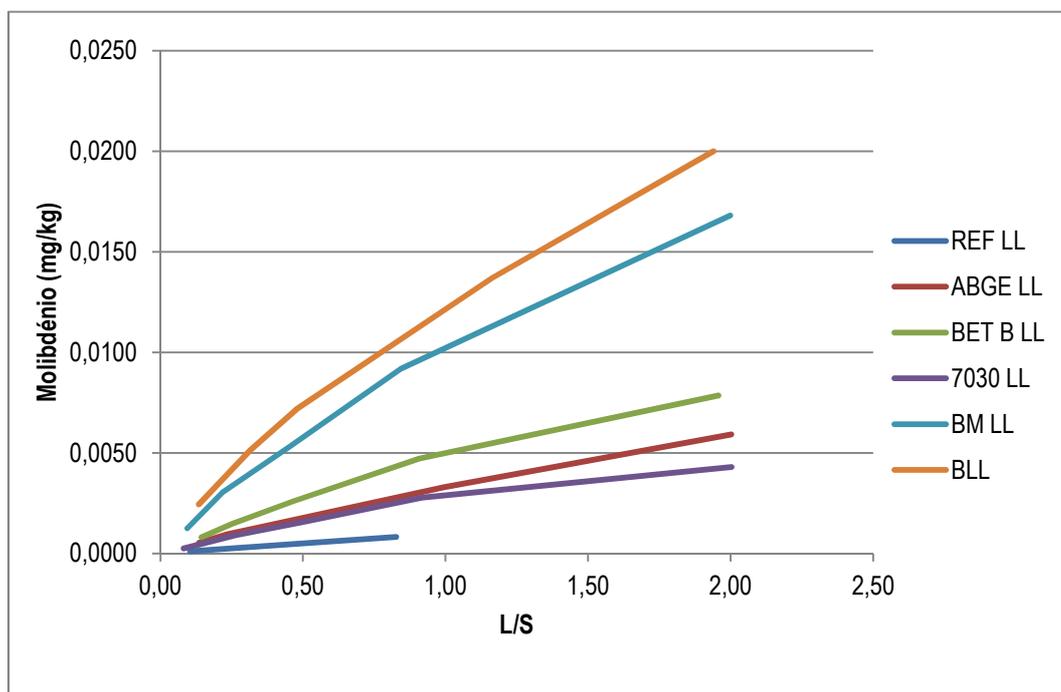


Figura 5.17 | Teor de molibdênio em função de L/S dos lixiviados

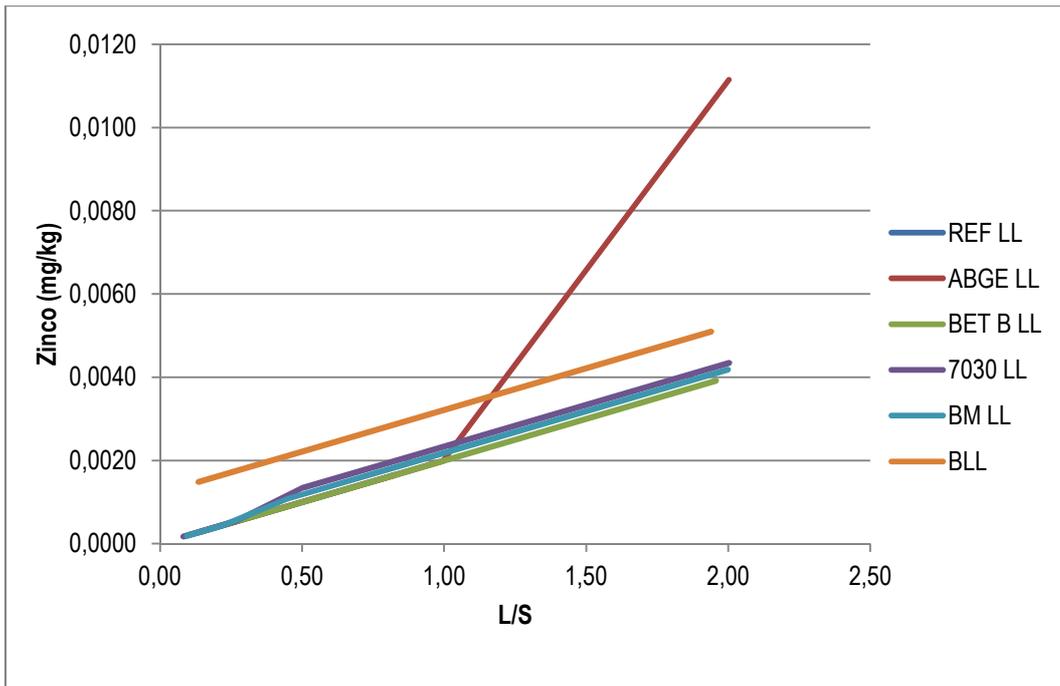


Figura 5.18 | Teor de zinco em função de L/S dos lixiviados

## **5.3 Construção do trecho experimental**

### **5.3.1 Considerações gerais**

Os materiais selecionados para aplicar no trecho experimental foram armazenados em pilhas na obra do Seixal, de modo a serem posteriormente aplicados na camada granular do pavimento a construir.

O local definido para a construção do trecho experimental foi previamente objeto de uma intervenção inicial que consistiu no saneamento do topo do aterro, de modo a que se obtivesse a cota de fundação do pavimento das secções experimentais. Foram ainda construídas caixas de betão, na zona lateral da plataforma do pavimento, para possibilitar a inserção das caixas de instrumentação. Foram também realizadas diversas visitas ao local da obra para colheita das amostras de material destinadas à caracterização laboratorial.

No âmbito da Tarefa 4, relativa à construção do trecho experimental, foram desenvolvidas as seguintes ações:

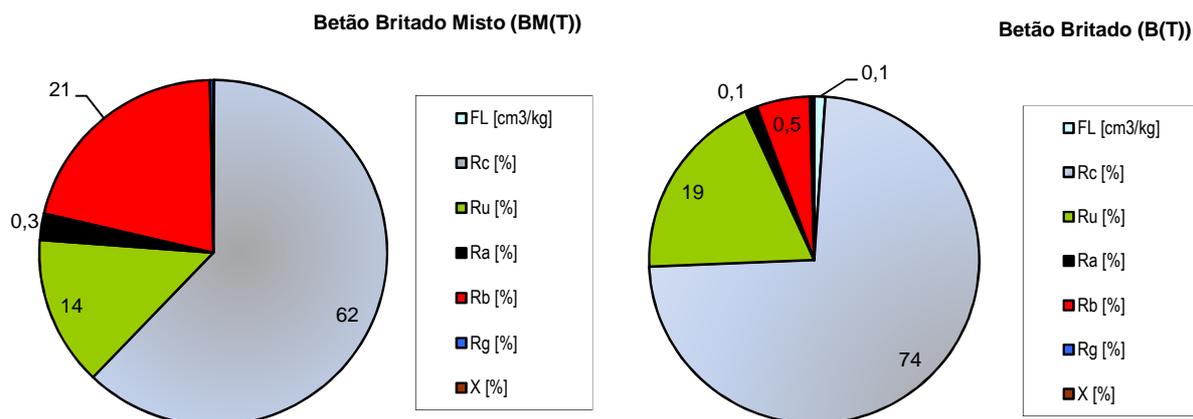
- a) redefinição da localização do trecho experimental com os respetivos trabalhos preparatórios;
- b) acompanhamento da construção do trecho experimental, com instalação de instrumentação;
- c) localização das zonas instrumentadas através de georreferenciação;
- d) realização de ensaios de carga com defletómetro de impacto (FWD), ensaio de radar de prospeção e ensaios da garrafa de areia para caracterização das camadas constituintes do trecho experimental.

### **5.3.2 Classificação laboratorial dos agregados a aplicar**

- Classificação dos agregados reciclados

De modo a identificar e classificar os constituintes das amostras de RCD selecionadas para aplicação no trecho experimental, procedeu-se conforme preconizado na norma EN 933-11:2009.

Na Figura 5.19, na Figura 5.20 e no Quadro 5.5 são apresentados os resultados obtidos para os RCD em estudo.



**LEGENDA:**

R<sub>a</sub> – Material betuminoso;

R<sub>b</sub> – Elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas, etc.), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;

R<sub>c</sub> – Betão, produtos de betão e argamassas;

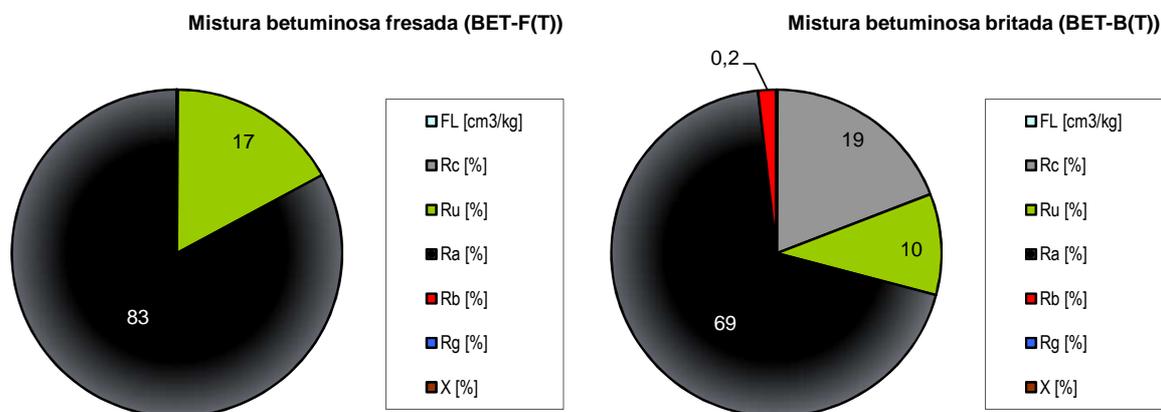
FL – Material flutuante em volume;

R<sub>u</sub> – Agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com ligantes hidráulicos;

R<sub>g</sub> – Vidro;

X – Outros materiais coesivos (por ex. solos argilosos), plástico, borracha, metais (ferrosos e não ferrosos), matérias não flutuantes e estuque.

Figura 5.19 | Constituintes das amostras de Betão Britado (B(T)) e Betão Britado Misto (BM(T)), de acordo com a norma EN 933-11:2009



**LEGENDA:**

R<sub>a</sub> – Material betuminoso;

R<sub>b</sub> – Elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas, etc.), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;

R<sub>c</sub> – Betão, produtos de betão e argamassas;

FL – Material flutuante em volume;

R<sub>u</sub> – Agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com ligantes hidráulicos;

R<sub>g</sub> – Vidro;

X – Outros materiais coesivos (por ex. solos argilosos), plástico, borracha, metais (ferrosos e não ferrosos), matérias não flutuantes e estuque.

Figura 5.20 | Constituintes das amostras de Mistura Betuminosa Britada (BET-B(T)) e de Mistura Betuminosa Fresada (BET-F(T)), de acordo com a norma EN 933-11:2009

Quadro 5.5 | Constituintes das amostras de RCD aplicados nas secções do trecho experimental

| Materiais                             | Constituintes            |                    |                    |                    |                    |                    |       |
|---------------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                                       | FL (cm <sup>3</sup> /kg) | R <sub>c</sub> (%) | R <sub>u</sub> (%) | R <sub>a</sub> (%) | R <sub>b</sub> (%) | R <sub>g</sub> (%) | X (%) |
| Betão Britado (B(T))                  | 1,1                      | 74                 | 19                 | 1,2                | 5,3                | 0,2                | 0,2   |
| Betão Britado Misto (BM (T))          | 0,1                      | 62                 | 14                 | 2,5                | 21                 | 0,3                | 0,0   |
| Mistura Betuminosa Britada (BET-B(T)) | 0,1                      | 19                 | 10                 | 69                 | 1,8                | 0,0                | 0,0   |
| Mistura Betuminosa Fresada (BET-F(T)) | 0,0                      | 0,1                | 17                 | 83                 | 0,0                | 0,0                | 0,0   |

**LEGENDA:**

R<sub>a</sub> – Material betuminoso;

R<sub>b</sub> – Elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas, etc.), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;

R<sub>c</sub> – Betão, produtos de betão e argamassas;

FL – Material flutuante em volume;

R<sub>u</sub> – Agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com ligantes hidráulicos;

R<sub>g</sub> – Vidro;

X – Outros materiais coesivos (por ex. solos argilosos), plástico, borracha, metais (ferrosos e não ferrosos), matérias não flutuantes e estuque.

Da Figura 5.21 à Figura 5.23 apresenta-se o aspeto dos constituintes de três das amostras de RCD em estudo.



Figura 5.21 | Constituintes da amostra de Betão Britado Misto (BM(T))



Figura 5.22 | Constituintes da amostra de Betão Britado (B(T))



Figura 5.23 | Constituintes da amostra de Mistura Betuminosa Britada (**BET-B(T)**)

A análise qualitativa da presença de alcatrão foi realizada com base na metodologia desenvolvida pelo projeto SAMARIS, em que se realiza uma análise comparativa dos resultados obtidos para a amostra em estudo com a de uma amostra de alcatrão. Na Figura 5.24 são apresentadas as visualizações das amostras expostas à luz UV para deteção da presença de alcatrão (amostra do lado esquerdo de cada figura).

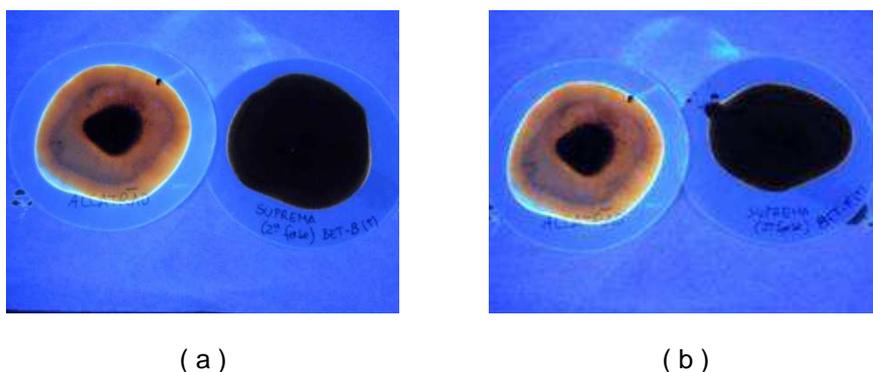


Figura 5.24 | Aspeto das amostras do material betuminoso presente nas amostras **BET-B(T)** (a) e **BET-F(T)** (b), quando expostas à luz UV, comparadas com uma amostra de alcatrão

- Composição granulométrica

A análise granulométrica das amostras de RCD foi efetuada conforme a norma NP EN 933-1:2000 e EN 933-1:1997/A 1: 2005.

Na Figura 5.25 são apresentadas as curvas granulométricas obtidas para as várias amostras estudadas, bem como os fusos requeridos pelo Caderno de Encargos Tipo da Estradas de Portugal (EP, 2010) para camadas de base ou sub-base granular.

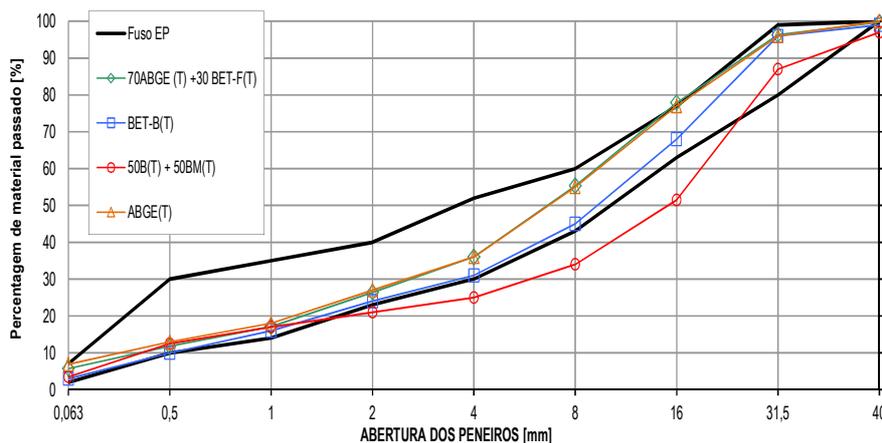


Figura 5.25 | Curvas granulométricas dos vários tipos de materiais analisados

- Massas volúmicas e absorção de água

A determinação das massas volúmicas e da absorção de água dos materiais em estudo foi realizada de acordo com a NP EN 1097-6:2003.

No Quadro 5.6 apresentam-se os valores das massas volúmicas e da absorção de água das amostras ensaiadas.

Quadro 5.6 | Valores das massas volúmicas e da absorção de água dos RCD aplicados no trecho experimental

| Fração         | Parâmetros                              |                      | ABGE(T) | BET-B(T) | 70ABGE +30BET-F(T) | 50B(T)+50BM(T) |
|----------------|---|----------------------|---------|----------|--------------------|----------------|
| 31,5 / 63,0 mm | Massa volúmica do material impermeável  | (Mg/m <sup>3</sup> ) | nd      | 2,462    | 2,638              | 2,489          |
|                | Massa volúmica das partículas saturadas |                      | nd      | 2,417    | 2,590              | 2,308          |
|                | Massa volúmica das partículas secas     |                      | nd      | 2,386    | 2,560              | 2,188          |
|                | Absorção de água                        | (%)                  | nd      | 1,290    | 1,160              | 5,520          |
| 31,5 / 4,0 mm  | Massa volúmica do material impermeável  | (Mg/m <sup>3</sup> ) | 2,704   | nd       | nd                 | nd             |
|                | Massa volúmica das partículas saturadas |                      | 2,637   | nd       | nd                 | nd             |
|                | Massa volúmica das partículas secas     |                      | 2,597   | nd       | nd                 | nd             |
|                | Absorção de água                        | (%)                  | 1,5     | nd       | nd                 | nd             |
| 4,0 / 0,063 mm | Massa volúmica do material impermeável  | (Mg/m <sup>3</sup> ) | 2,685   | nd       | nd                 | nd             |
|                | Massa volúmica das partículas saturadas |                      | 2,627   | nd       | nd                 | nd             |
|                | Massa volúmica das partículas secas     |                      | 2,592   | nd       | nd                 | nd             |
|                | Absorção de água                        | (%)                  | 2,685   | nd       | nd                 | nd             |

nd – não determinado

- Características de compactação

As características de compactação dos materiais em estudo foram avaliadas através do ensaio de compactação tipo Proctor modificado, que permite conhecer qual o teor em água que o material deve apresentar no momento da compactação (teor em água ótimo), de modo a que seja possível obter a máxima baridade seca, sendo realizado conforme preconizado na norma EN 13286-2: 2010.

Este ensaio é adequado para misturas com diferentes dimensões máximas (D) até 63 mm e com partículas com sobretamanho até 25%, em massa.

A compactação foi efetuada mecanicamente, sendo considerada a compactação pesada (ensaio Proctor modificado) em molde grande (B).

Para todas as amostras, com exceção do agregado natural, dadas as percentagens de material retido no peneiro com 31,5 mm de abertura, houve a necessidade de proceder à truncagem no material daquelas amostras, tendo sido posteriormente aplicadas as correções preconizadas no Anexo C da norma, relativamente aos valores da baridade seca máxima e do teor em água ótimo.

A Figura 5.26 apresenta as curvas obtidas no ensaio de compactação Proctor modificado para os RCD estudados, bem como para o agregado natural.

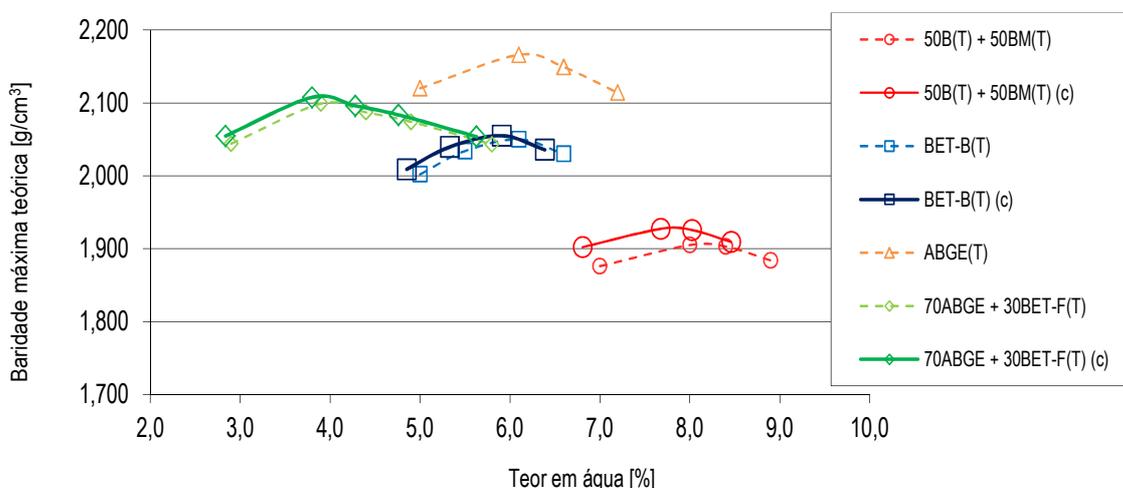


Figura 5.26 | Curvas de compactação Proctor modificado dos materiais estudados e respetivas curvas corrigidas (c).

- Caracterização ambiental

Foram efetuados ensaios de lixiviação laboratoriais segundo as normas EN 12457-4:2002 e NP EN 1744-3:2005 para avaliar a libertação de contaminantes a curto prazo dos materiais aplicados no trecho experimental.

Os resultados dos ensaios de lixiviação realizados sobre os materiais aplicados nas seções do trecho experimental, segundo a norma EN 12457-4:2002, são apresentados no Quadro 5.7. A comparação dos teores obtidos com os valores-limite de lixiviação para resíduos admissíveis em aterro para

resíduos inertes evidencia que só o teor de sulfatos, para o caso do betão misto, é ligeiramente superior ao critério definido, 1051 mg/kg e 1000 mg/kg respetivamente. De referir que os teores dos metais cádmio, chumbo e níquel são inferiores ao limite de deteção e que os restantes teores determinados se encontram afastados do valor máximo permitido na lixiviação de resíduos admissíveis em aterros para resíduos inertes.

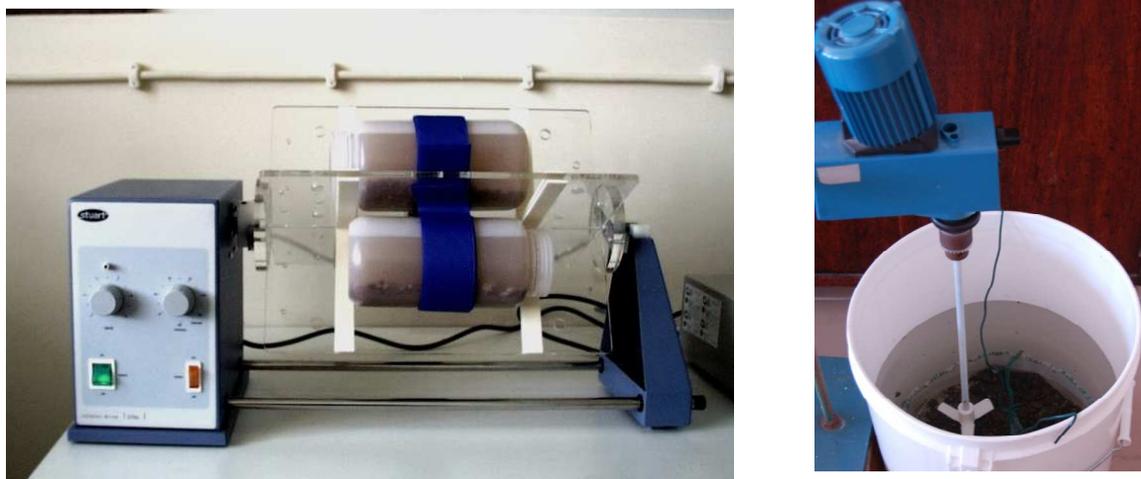


Figura 5.27 | Ensaio de lixiviação

Quadro 5.7 | Resultados dos ensaios de lixiviação – EN 12457-4

| Parâmetros<br>[mg/kg, matéria seca]    | Betão Misto<br>(50B(T) + 50BM(T)) | Mistura Betuminosa<br>Britada<br>(BET-B(T)) | Mistura Betuminosa<br>Fresada<br>(BET-F(T)) | 70%Agregado Natural +<br>30%Mistura Betuminosa<br>Fresada (70ABGE +<br>30BET-F(T)) |
|--|-----------------------------------|---|---|--|
| Cádmio, Cd                             | <0,005                            | <0,005                                      | <0,005                                      | <0,005   |
| Cromo, Cr                              | 0,196                             | 0,088                                       | <0,010                                      | <0,010   |
| Chumbo, Pb                             | <0,024                            | <0,024                                      | <0,024                                      | <0,024   |
| Zinco, Zn                              | <0,006                            | 0,061                                       | <0,006                                      | 0,039  |
| Cobre, Cu                              | 0,084                             | 0,081                                       | <0,014                                      | <0,014   |
| Níquel, Ni                             | <0,026                            | <0,026                                      | <0,026                                      | <0,026   |
| Cloreto, Cl <sup>-</sup>               | 93                                | 62  | 35  | 26   |
| Sulfato, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 1051                              | 444   | 109   | 50   |
| Carbono Orgânico Dissolvido, COD       | 92                                | 57  | 107   | 42   |
| pH                                     | 11,61                             | 10,66                                       | 8,91  | 9,00   |

Apresentam-se no Anexo II os resultados dos ensaios realizados pela ALS sobre os RCD, aplicados no trecho experimental, e sobre os respetivos eluatos. Os resultados obtidos contemplam todos os parâmetros exigidos para a deposição de resíduos em aterros para resíduos inertes. Relativamente a estes resultados salientam-se os seguintes aspetos:

- nas determinações efetuadas sobre os resíduos verifica-se um teor elevado de óleos minerais (C10-C40) nas misturas betuminosas britada e fresada face ao limite estabelecido para a deposição de resíduos em aterros para resíduos inertes, de 2910, 1540 e 500 mg/kg, respetivamente;
- nas determinações efetuadas sobre os eluatos, os teores de sulfatos da amostra de betão misto é ligeiramente superior ao limite estabelecido para a deposição de resíduos em aterros para resíduos inertes, 1200 e 1000 mg/kg, respetivamente.

Na Figura 5.28 comparam-se os resultados obtidos em ensaios realizados no LNEC e pela ALS para os resíduos de betão misto, de mistura betuminosa britada e de 70% de agregado natural com 30% de resíduos de mistura betuminosa fresada, quando superiores ao limite de deteção. Os teores determinados nos eluatos dos resíduos de betão misto conduzem à sua classificação como resíduos passíveis de deposição em aterros para resíduos não perigosos.

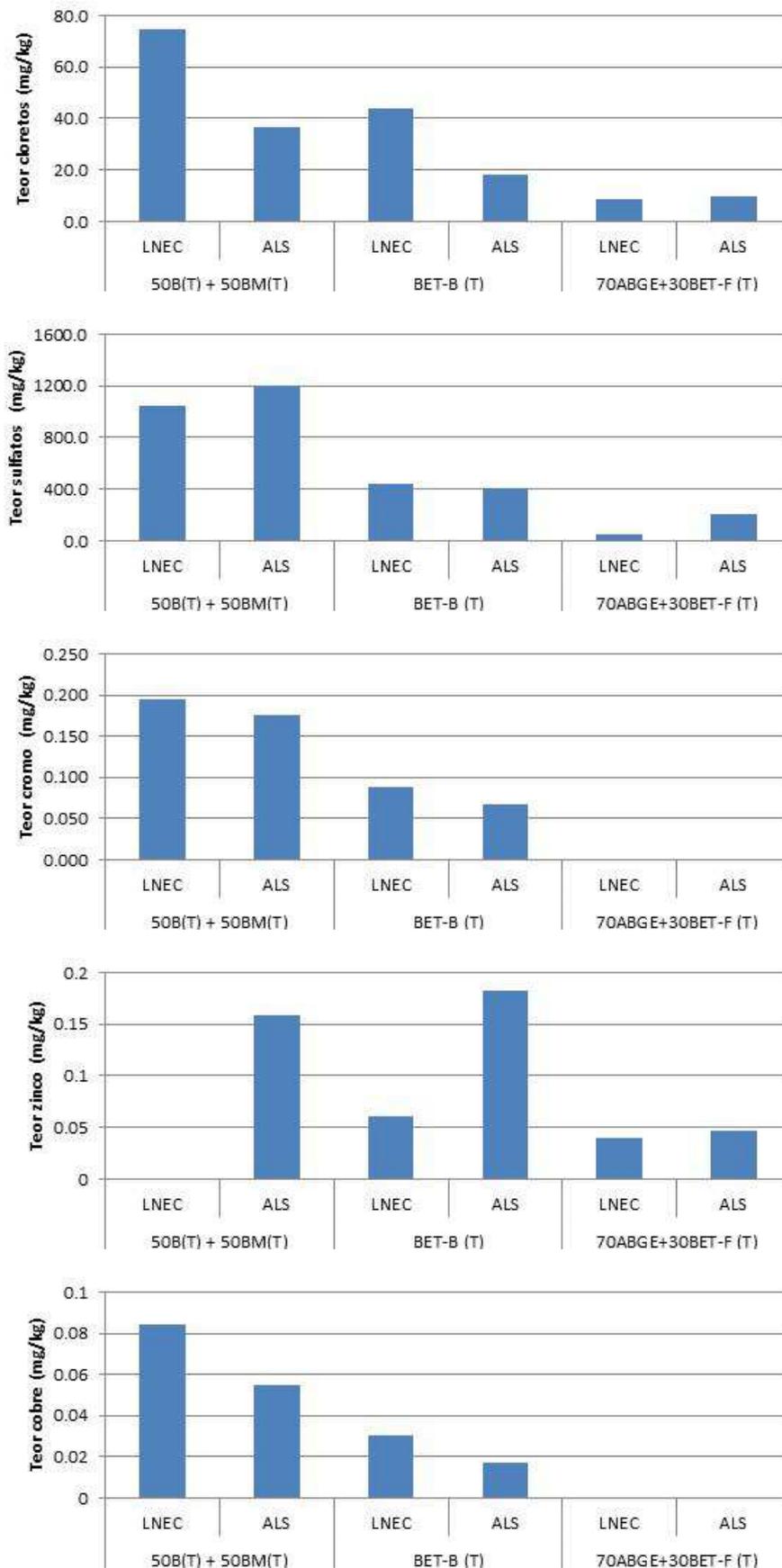


Figura 5.28 | Comparação dos resultados obtidos pelo LNEC e pela ALS no ensaio de lixiviação segundo a EN 12457-4

O Quadro 5.8 lista os resultados dos parâmetros avaliados nos eluatos dos materiais em estudo, obtidos no ensaio de lixiviação realizado de acordo com a NP EN 1744-3:2005. Os valores obtidos neste ensaio relativamente aos determinados no ensaio de lixiviação segundo a norma EN 12457-4: 2002 são da mesma ordem de grandeza. No que se refere aos metais analisados é de referir um teor superior de níquel quando o eluato foi obtido segundo a NP EN 1744-3:2005.

Quadro 5.8 | Resultados dos ensaios de lixiviação – NP EN 1744-3

| Parâmetros<br>(mg/kg, matéria seca)    | Betão Misto<br>(50B(T)+50BM(T)) | Mistura Betuminosa Britada<br>(BET-B(T)) | Mistura Betuminosa Fresada<br>(BET-F(T)) |
|--|---------------------------------|--|--|
| Cádmio, Cd                             | <0,005                          | <0,005                                   | <0,005                                   |
| Cromo, Cr                              | 0,110                           | 0,042                                    | <0,010                                   |
| Chumbo, Pb                             | <0,024                          | <0,024                                   | <0,024                                   |
| Zinco, Zn                              | <0,006                          | <0,006                                   | <0,006                                   |
| Cobre, Cu                              | 0,056                           | <0,014                                   | <0,014                                   |
| Níquel, Ni                             | 0,054                           | 0,052                                    | 0,040                                    |
| Cloreto, Cl <sup>-</sup>               | 71                              | 53                                       | 18                                       |
| Sulfato, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 1049                            | 276                                      | 64                                       |
| pH                                     | 10,57                           | 8,55                                     | 8,70                                     |

### 5.3.3 Localização do trecho experimental

Como referido anteriormente, após a análise do local e da aceitação dos trabalhos de adaptação por parte da AMBIGROUP, avançou-se para a construção do trecho experimental que decorreu em julho e agosto de 2012.

A zona selecionada está localizada a norte do parque industrial, e corresponde à ocupação dos arruamentos junto à zona da entrada, segundo uma extensão de 90 m e uma largura de 5,5 m em perfil transversal da faixa de rodagem. Esta zona foi subdividida em 4 seções experimentais conforme é representado na Figura 5.29.





Figura 5.30 | Ensaio da garrafa de areia (à esquerda) e georreferenciação de pontos (à direita)



Figura 5.31 | Ensaios FWD (à esquerda) e de radar de prospeção (à direita)

Começou-se por realizar um conjunto de ensaios de caracterização do aterro da fundação com o defletómetro de impacto (FWD). Após estes ensaios, procedeu-se aos trabalhos preparatórios para a instalação da instrumentação (extensómetros, termístores e células de carga). Assim, foi construída uma caixa de betão armado na proximidade do centro de cada seção para instalação, no seu interior, da caixa de instrumentação, realizando-se, também, diversos trabalhos preparatórios necessários à instalação dos extensómetros verticais e das células de carga (Figura 5.32).



Figura 5.32 | Trabalhos preparatórios

Após a realização destes trabalhos, deu-se início à colocação dos materiais com os cuidados necessários de modo a não danificar a instalação dos equipamentos de instrumentação.

No entanto, para os materiais compostos (**70ABGE + 30BET-F(T)** e **50B(T) + 50BM(T)**) foi necessário ainda realizar, antes do seu transporte para o trecho experimental, a sua mistura sobre uma base composta pelo mesmo material a ser misturado, de modo a não haver alteração da sua constituição neste processo, tal como se mostra na Figura 5.33.



Figura 5.33 | Mistura e transporte dos materiais a aplicar nos trechos experimentais

Após a deposição do material necessário à camada granular, de 0,30 m de espessura, construída em duas subcamadas, iniciou-se a instalação da instrumentação. O espalhamento do material na primeira subcamada granular constituiu uma das fases mais delicadas do processo construtivo, dada a maior proximidade entre os equipamentos de instrumentação e os equipamentos de trabalho (pá carregadora, *dumper* e retroescavadora).

Os materiais foram espalhados de modo a se obter uma camada com cerca de 15 cm de espessura (Figura 5.34), o que se considerou suficiente para garantir proteção à instrumentação. Após a rega, a camada foi compactada com o cilindro vibrador de rasto liso (Figura 5.35).



Figura 5.34 | Espalhamento do material granular



Figura 5.35 | Rega e compactação da camada granular

A aplicação da segunda subcamada granular não requereu a instalação de instrumentação, tal como foi definido no relatório de progresso Ano 2. O processo de construção desta camada granular foi idêntico ao primeiro, sendo executados, posteriormente à sua conclusão, trabalhos de preparação para a aplicação da camada betuminosa.

A secção experimental 2 foi instrumentada com lisímetro por forma a simular as condições reais que os materiais granulares não ligados estão sujeitos quando colocados sob uma camada impermeável, constituída por materiais betuminosos (Figura 5.36).



Figura 5.36 | Construção de lisímetro no trecho experimental

Havendo a necessidade de realizar ensaios de FWD na primeira subcamada granular, aproveitou-se esta etapa para realizar, em simultâneo, a leitura das extensões medidas pelos extensómetros verticais (Figura 5.37).



Figura 5.37 | Ensaios FWD conciliados com leituras de instrumentação (extensómetros verticais)

Previamente à construção da camada betuminosa foi aplicada a rega de impregnação, constituída por uma emulsão catiónica de rotura lenta aquecida a 50°C. Sobre a rega foram instalados os extensómetros horizontais de modo a estarem preparados e encaminhados para o correto posicionamento (Figura 5.38).



Figura 5.38 | Trabalhos preparatórios para a aplicação da camada betuminosa

Os extensómetros horizontais foram instalados a cerca de 1 cm da base da camada betuminosa, através da criação de uma camada fina de material betuminoso (AC20 Reg MBD 50/70) e, após o seu posicionamento, foram cobertos com mais material. Para que não houvesse uma alteração do posicionamento, também se procedeu à cobertura da conduta de proteção em aço, principalmente na proximidade do extensómetro (Figura 5.39).



Figura 5.39 | Instalação dos extensómetros horizontais na base da camada betuminosa

Na fase final, a camada betuminosa foi compactada com rolo compactador de pneus e de cilindro duplo com vibração (Figura 5.40), sendo apresentada na Figura 5.41 o aspeto final do trecho experimental.



Figura 5.40 | Compactação da camada betuminosa



Figura 5.41 | Aspeto final do trecho experimental

### 5.3.5 Ensaios de carga com defletómetro de impacto (FWD)

Foram realizados ensaios de carga com defletómetro de impacto (FWD) na fundação do pavimento das secções experimentais. Nestes ensaios foi utilizado o equipamento do LNEC conforme se apresenta na Figura 5.42.



Figura 5.42 | Equipamento FWD do LNEC em ensaio

Os ensaios foram realizados segundo um alinhamento de aproximadamente 90 m de extensão, com afastamento de 5 m, entre pontos de ensaio. Nos ensaios foi utilizada uma placa circular de 45 cm de diâmetro e foram medidas as deflexões em 9 geofones colocados às seguintes distâncias do centro da placa (cm): 0 (D0), 30 (D1), 45 (D2), 60 (D3), 90 (D4), 120 (D5), 150 (D6), 180 (D7) e 210 (D8). Os ensaios foram realizados para duas forças padrão: 30 kN e 65 kN. Em cada local de ensaio, foram realizadas três aplicações da força de impacto, tendo sido registado o último valor. Visto que a força aplicada em cada ponto de ensaio não corresponde exatamente à força pretendida, foi posteriormente efetuada uma normalização dos valores das deflexões para os valores teóricos das forças padrão.

### 5.3.6 Instrumentação das secções experimentais

Tendo em conta os vários tipos de camadas e de materiais das secções experimentais, procedeu-se à instalação dos seguintes equipamentos:

- Extensómetros verticais no topo da fundação (Figura 5.43).
- Extensómetros horizontais na base da camada betuminosa (Figura 5.44).
- Células de carga no topo da fundação (Figura 5.43).

Com esta instrumentação pretende-se obter informações sobre as extensões e as tensões registadas no interior das camadas aquando da realização dos ensaios de carga.

Tendo em conta que foi aplicada uma camada de desgaste em mistura betuminosa, procedeu-se também à colocação de termístores para medição da temperatura no interior da camada, dada a grande influência deste parâmetro no comportamento das misturas betuminosas.

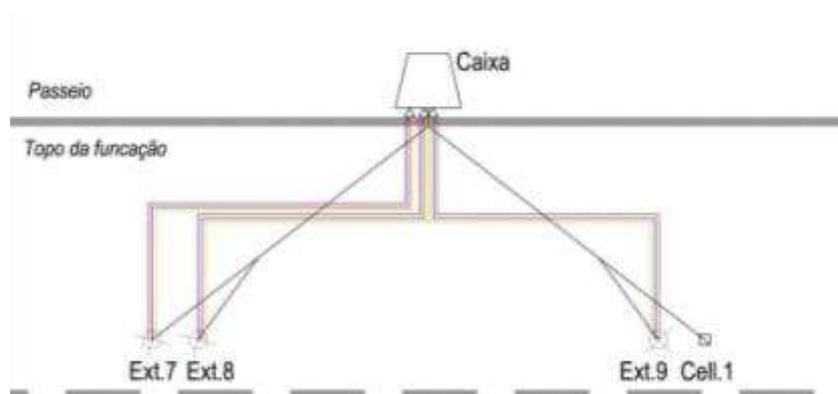


Figura 5.43 | Planta de instrumentação do topo da fundação e respetivas ligações elétricas.

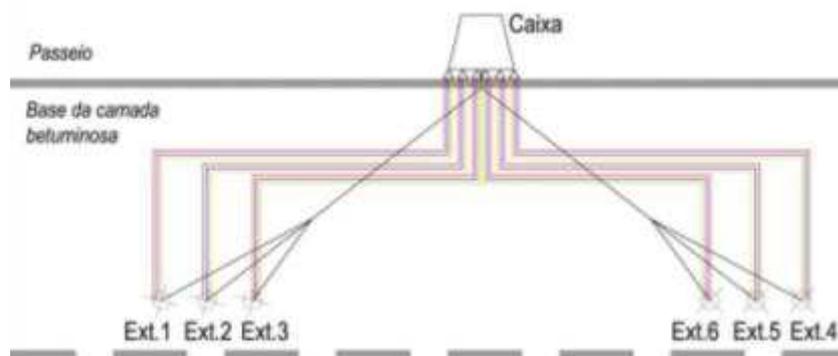


Figura 5.44 | Planta de instrumentação da base da camada betuminosa e respetivas ligações elétricas.

A totalidade de equipamentos de medição aplicados em cada secção experimental foi de nove extensómetros e uma célula de pressão. Os dez equipamentos de medição foram distribuídos em duas zonas, em que apenas uma destas foi constituída pela célula de pressão (Figura 5.43 e Figura 5.44). O espaçamento destas duas zonas foi, relativamente aos equipamentos de medição mais próximos, de 5 m.

Para além dos extensómetros e da célula de pressão, também foram aplicados dois termístores na secção de teste número quatro. Os termístores foram aplicados na camada betuminosa, na mesma secção transversal, sendo que um deles foi aplicado a 1 cm da base desta camada e o outro a cerca de 6 cm do topo da camada, apresentando um elemento de proteção na sua extremidade.

Os extensómetros aplicados no pavimento foram construídos em laboratório, sendo constituídos por um elemento esbelto de araldite, sem cabeças nas suas extremidades, ficando incrustados no seu interior o elemento de medição, designada por banda extensométrica. A banda extensométrica encontra-se a 7,5 cm do topo do elemento de araldite de 15 cm de comprimento e 1,5 cm de espessura (Figura 5.45).

Os extensómetros posicionados verticalmente foram aplicados de modo a ficarem à cota de fundação. Já nos extensómetros posicionados na horizontal, estes foram aplicados a cerca de 1 cm da base da camada betuminosa. A constante do extensómetro é de 498.

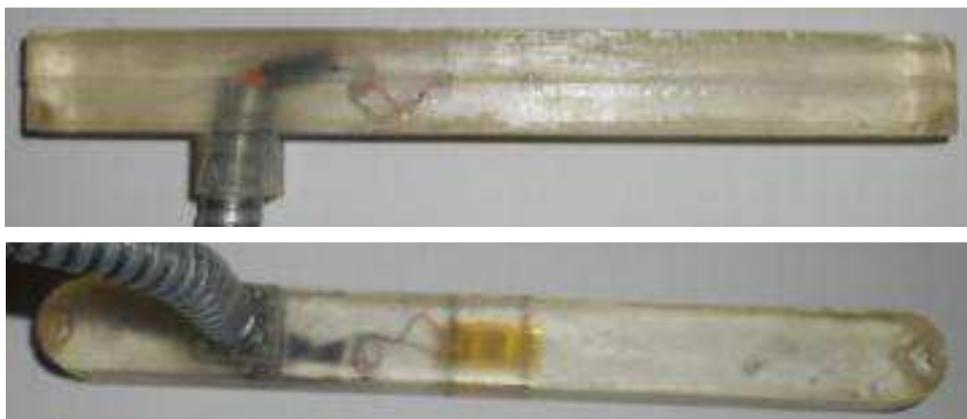


Figura 5.45 | Aspeto final do extensómetro

As células de pressão aplicadas no trecho experimental são hidráulicas, sendo por isso necessário realizar a purga de modo a eliminar o ar no sistema hidráulico, e também utilizar um transdutor de pressão para a realização das medições através do sistema de aquisição de dados.

As células de pressão foram implantadas ao nível da cota de fundação do pavimento. Tratando-se de uma célula de pressão hidráulica, após a realização da dobragem e respetivas ligações das tubagens, foi necessário realizar a injeção de óleo no seu sistema hidráulico de modo a criar um ligeiro deslocamento das placas metálicas que se encontram sob e sobre a almofada (Figura 5.46).



Figura 5.46 | Implantação da célula de pressão

Deste modo, a célula fica submetida a uma pressão residual. Esta pressão terá de ser registada aquando da primeira utilização do sistema, através de uma bomba hidráulica com sistema antirretorno e manómetro. A ligação da bomba ao sistema é feita através de uma agulha, que permite a leitura sem haver perdas de pressão. Assim, sempre que haja uma abertura do sistema hidráulico (perda de pressão), será necessário repor a pressão residual.

### 5.3.7 Sistema de aquisição

Tendo em vista a obtenção dos dados medidos pelo sistema de instrumentação aplicado no trecho experimental, foi utilizado um sistema de aquisição de 12 canais (Figura 5.47) que permitiu realizar leituras de medição dos extensómetros, das células de pressão (por intermédio de um sensor de pressão) e dos termístores.

Anote-se que a medição dos equipamentos com este sistema de aquisição deverá ser realizada em simultâneo com a realização do ensaio de carga com o defletómetro de impacto (FWD).

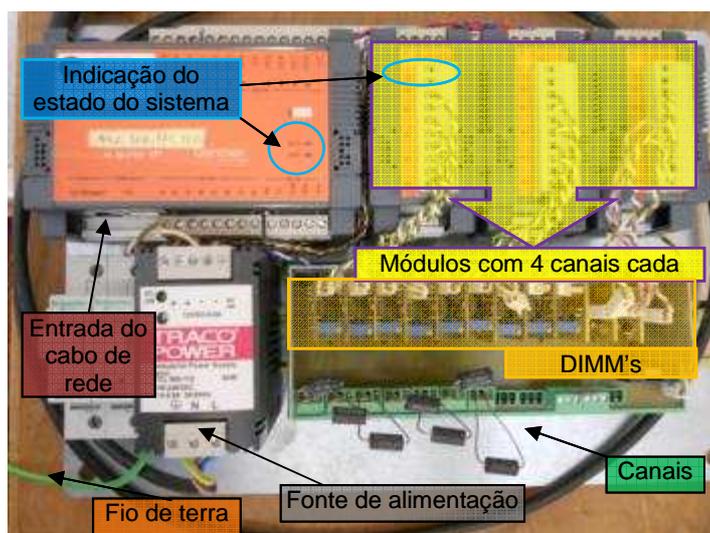


Figura 5.47 | Sistema de aquisição

Até ao presente já foram realizadas várias campanhas de ensaios de carga com o FWD, estando em fase de análise os resultados obtidos que serão objeto de uma publicação específica.

## 6 | PUBLICAÇÕES

No âmbito das atividades a desenvolver no Projeto SUPREMA foram já preparados vários documentos, apresentando-se no Quadro 6.1 a sua designação, bem como o seu estado de realização.

Quadro 6.1 | Documentos elaborados no âmbito do Projeto SUPREMA

| Designação  | Objetivo  | Estado de realização  |
|---|---|---|
| Documento sobre o estado-da-arte relativo à aplicação de RCD em infraestruturas de transportes                      | Cumprimento da Tarefa 1a  | Em impressão  |
| Relatório de progresso do Projeto SUPREMA – Ano 3   | Apresentação do trabalho desenvolvido   | Concluído   |
| Aplicação de resíduos de construção e demolição (RCD) em pavimentos rodoviários                                     | <i>XII Congresso Nacional de Geotecnia</i><br>17 a 30 de abril de 2012 – Lisboa   | Artigo apresentado oralmente e publicado nas atas do congresso                                    |
| <i>Utilization of recycled materials in unbound granular layers validated by experimental test sections</i>         | <i>9<sup>th</sup> International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields.</i><br><i>25-27 June 2013, Trondheim, Norway</i> | <i>Abstract</i> aceite e artigo submetido em novembro de 2012<br>O artigo está em fase de revisão |
| Aplicação sustentável de resíduos de construção e demolição em pavimentos rodoviários                               | Jornadas de Investigação e Inovação LNEC - Mobilidade e Gestão das Infraestruturas de Transporte<br>5 a 7 novembro de 2012 - Lisboa                   | Comunicação apresentada oralmente, por convite  |
| Aplicação de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Pavimentos Rodoviários                                     | 7º Congresso Rodoviário Português<br>10 a 12 de abril de 2013 – Lisboa  | Resumo aceite e artigo submetido em janeiro de 2013<br>O artigo está em fase de revisão           |
| Construção de pavimentos flexíveis com camadas não ligadas de base e sub-base em resíduos de construção e demolição | <i>XVII CILA - Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto</i><br><i>17-22 de Noviembre de 2013, Antigua Guatemala, Guatemala</i>                      | Submissão de resumo   |

## 7 | MISSÕES

Entre 1 de fevereiro de 2012 e 31 de janeiro de 2013, correspondente ao Ano 3 do Projeto SUPREMA, foram realizadas as seguintes deslocações, tendo em vista quer a aquisição de conhecimentos na área dos materiais reciclados, objeto de estudo do presente projeto, quer a apresentação das atividades desenvolvidas ou ainda a colheita de amostras e o acompanhamento da atividade experimental desenvolvida no âmbito deste projeto (Quadro 7.1).

Quadro 7.1 | Deslocações efetuadas no âmbito do Projeto SUPREMA

| Designação   | Objectivo   |
|--|---|
| Trecho experimental – Seixal<br>(diversas deslocações)   | Acompanhamento da construção do trecho experimental;<br>Instalação de instrumentação;<br>Recolha de amostras para caracterização;<br>Construção de lisímetro;<br>Realização de ensaios. |
| Empresa ALS  Environmental<br>ALSP, Unipessoal Lda.<br>Cabanas Golf Oeiras - Barcarena   | Entrega de amostras para análise química dos eluatos e dos lixiviados dos materiais seleccionados, segundo o Decreto-Lei 183/2009.  |
| Participação na Conferência “WASCON 2012 - Towards effective, durable and sustainable production and use of alternative materials in construction”, organizada pelo ISCOWA e pelo Swedish Geotechnical Institute, que teve lugar em Gotemburgo, Suécia, entre 30 de maio e 1 de junho de 2012. | Aquisição de conhecimentos.   |
| 6ª edição do Fórum Nacional de Resíduos – Os resíduos na base de uma economia emergente<br>Centro de Congressos da Universidade Católica<br>29 de fevereiro de 2012  | Aquisição de conhecimentos.<br>Participação em debate sobre a aplicação de RCD em infraestruturas de transportes.   |



## 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

Neste relatório apresenta-se a atividade desenvolvida durante o terceiro ano de execução do Projeto SUPREMA, identificado como Ano 3 (de 1/02/2012 a 31/01/2013), com a realização das ações descritas nas Tarefas 2 a 7, em anexo (Anexo I). Apresenta-se igualmente uma nova *Timeline* com a programação dos trabalhos a realizar, tendo em vista a concretização das tarefas constantes do Projeto SUPREMA, contemplando a extensão do prazo de execução em seis meses que foi concedida pela FCT.

Durante o Ano 3 foi desenvolvido um conjunto de ações, definido durante a realização de reuniões periódicas dos membros da equipa de investigação, que compreenderam o desenvolvimento do estudo experimental em curso, nomeadamente no que concerne à colheita de amostras dos materiais em estudo, à definição das características do trecho experimental a realizar, bem como à respetiva instrumentação, ao acompanhamento da construção e à caracterização do seu comportamento estrutural e ambiental, ao longo do tempo. Foram também concebidos e instalados seis lisímetros, no Campus do LNEC, tendo em vista a avaliação ambiental dos materiais aplicados, ao longo do tempo.

Foram caracterizadas laboratorialmente várias amostras de RCD e de ABGE a aplicar em camadas não ligadas, com obtenção das suas propriedades geométricas e físicas, tendo em vista a sua aplicação no trecho experimental. Procedeu-se ainda à caracterização ambiental das amostras de RCD, realizando ensaios de lixiviação segundo as normas EN 12457-4:2002 e NP EN 1744-3:2005, para avaliar a libertação de contaminantes a curto prazo dos materiais em estudo.

No que concerne à produção escrita, foi realizada a revisão final do documento elaborado sobre o estado-da-arte relativo à aplicação de RCD em infraestruturas de transportes, presentemente em fase de impressão, tendo ainda sido apresentada oralmente uma comunicação aceite em congresso nacional. Foram submetidos dois artigos, ao 9<sup>th</sup> *International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields* e ao 7<sup>o</sup> Congresso Rodoviário Português, que terão lugar em 2013. Foi efetuada uma apresentação oral nas Jornadas de Investigação e Inovação LNEC - Mobilidade e Gestão das Infraestruturas de Transporte que tiveram lugar no LNEC de 5 a 7 novembro de 2012 – Lisboa.

Os resultados dos ensaios realizados e ainda em curso serão objeto de publicações específicas, nomeadamente através de publicação em revistas com arbitragem científica.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Projeto de I&D "PTDC/ECM/100931/2008 SUPREMA – "Aplicação Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Infra-estruturas Rodoviária" pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) do Ministério da Educação e Ciência.

Também são apresentados agradecimentos à empresa Ambigroup, SGPS, SA, pelo fornecimento dos materiais estudados, bem como pela disponibilização de meios humanos, técnicos e materiais para a construção do trecho experimental nas suas instalações.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, fevereiro de 2013

### VISTOS

O Diretor do Departamento de Transportes



António Lemente de Macedo  
Eng.º Civil, Investigador Coordenador do LNEC

A Diretora do Departamento de Geotecnia



Laura Saraiva Caldeira  
Eng.ª Civil, Investigadora Coordenadora do LNEC

O Diretor do Departamento de Materiais



Arlindo Freitas Gonçalves  
Eng.º Civil, Investigador Coordenador do LNEC



Maria de Lurdes Antunes  
Eng.ª Civil, Investigadora Coordenadora do LNEC  
Vogal do Conselho Diretivo do LNEC

### AUTORIA



Ana Cristina Freire  
Eng.ª Civil, Investigadora Auxiliar do LNEC  
Chefe do Núcleo de Infra-estruturas Rodoviárias e Aeroportuárias



José Manuel Neves  
Eng.º Civil, Professor Auxiliar do IST



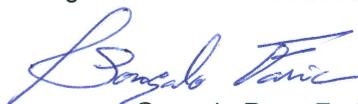
António José Roque  
Eng.º Geólogo, Investigador Principal do LNEC



Isabel Maria Milagre Martins  
Eng.ª Química, Assistente de Investigação do LNEC



Maria de Lurdes Antunes  
Eng.ª Civil, Investigadora Coordenadora do LNEC  
Vogal do Conselho Diretivo do LNEC



Gonçalo Ruas Faria  
Eng.º Civil, Bolseiro de Investigação FCT  
PTDC/ECM/100931/2008

CEN/TS 14405:2004. Characterization of waste – Leaching behaviour tests – Up-flow percolation test (under specified conditions).

EN 933-11:2009 (Ed. 1). Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate.

EN 12457-4:2002 (Ed. 1). Characterisation of waste. Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 10 mm (Without or with size reduction).

EN 13286-2:2010 (Ed. 2). Unbound and hydraulically bound mixtures. Part 2: Test methods for laboratory reference density and water content - Proctor compaction.

EN 13286-7:2004 (Ed. 1). Unbound and hydraulically bound mixtures. Part 7: Cyclic load triaxial test for unbound mixtures.

EP - Caderno de Encargos Tipo Obra 14.03 – Pavimentação, Estradas de Portugal S.A, Fevereiro 2009.

LNEC E 204 – 1967 – Solos. Determinação da baridade seca “in situ” pelo método da garrafa de areia. Especificação LNEC.

NP EN 13286-1:2009 (Ed. 1). Misturas não ligadas e misturas tratadas com ligantes hidráulicos. Parte 1: Métodos de ensaio para a determinação da baridade e do teor de água. Introdução, requisitos gerais e amostragem.

NP EN 933-1:2000 (Ed. 1). Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração.

NP EN 933-2:1999 (Ed. 1). Ensaio para determinação das características geométricas dos agregados Parte 2: Determinação da distribuição granulométrica Peneiros de ensaio, dimensão nominal das aberturas.

NP EN 1097-5:2011 (Ed. 2). Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 5: Determinação do teor de água por secagem em estufa ventilada.

NP EN 1097-6:2003/A 1:2010 (Ed. 1). Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 6: Determinação da massa volúmica e da absorção de água.

NP EN 1744-3:2005 (Ed. 1). Ensaio das propriedades químicas dos agregados. Parte 3: Preparação de eluatos por lixiviação dos agregados.

Freire, A. C., *et al.*, SUPREMA – Aplicação Sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em Infra-Estruturas Rodoviárias. Relatório de Progresso do Projeto PTDC/ECM/100931/2008 - Ano 2. Relatório 202/2011 – NIRA.



## 10 | ANEXOS

---



## **ANEXO I**

### **Nova programação do Projeto SUPREMA**







## **ANEXO II**

### **Resultados dos ensaios realizados pela ALS**



## CERTIFICATE OF ANALYSIS

|                     |   |                     |   |
|---------------------|---|---------------------|---|
| <b>Work Order</b>   | : PR1245091   | <b>Issue Date</b>   | : 30-OCT-2012   |
| <b>Client</b>       | : DEMOTRI - DEMOLICOES,<br>RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.                    | <b>Laboratory</b>   | : ALS Czech Republic, s.r.o.                                  |
| <b>Contact</b>      | : Mr. Antonio Roque   | <b>Contact</b>      | : Client Service  |
| <b>Address</b>      | : Ambigroup<br>Edificio Alem, EN 115 - km 65.2<br>Arranho Portugal 2630-058 | <b>Address</b>      | : Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany<br>Czech Republic 190 00 |
| <b>E-mail</b>       | : aroque@lneec.pt   | <b>E-mail</b>       | : customer.support@alsglobal.com                              |
| <b>Telephone</b>    | : ----  | <b>Telephone</b>    | : +420 226 226 228  |
| <b>Facsimile</b>    | : ----  | <b>Facsimile</b>    | : +420 284 081 635  |
| <b>Project</b>      | : Lisimetros LNEC   | <b>Page</b>         | : 1 of 3  |
| <b>Order number</b> | : 129/2012  | <b>Date Samples</b> | : 23-OCT-2012   |
| <b>C-O-C number</b> | : ----  | <b>Received</b>     |   |
| <b>Site</b>         | : ----  | <b>Quote number</b> | : PR2012DEMDE-PT0001  |
| <b>Sampled by</b>   | : Client  | <b>Date of test</b> | : 24-OCT-2012 - 29-OCT-2012                                   |
|                     |   | <b>QC Level</b>     | : ALS CR Standard Quality Control<br>Schedule                 |

### General Comments

This report shall not be reproduced except in full, without prior written approval from the laboratory.  
The laboratory declares that the test results relate only to the listed samples.

### Responsible for accuracy

Signatories  
Zdenek Jirak



Position  
Prague Laboratory Manager



Testing Laboratory  
Accredited by CAI

L 1163

Issue Date : 30-OCT-2012  
 Page : 2 of 3  
 Work Order : PR1245091  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



## Analytical Results

| Sub-Matrix: WATER                       |            |       |      | Client sample ID            |         | 70ABGE + 30BET-F_LL1 |         | REF_LL1           |         | ABGE_LL1          |  |
|---|------------|-------|------|-----------------------------|---------|----------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|--|
|   |            |       |      | Laboratory sample ID        |         | PR1245091001         |         | PR1245091002      |         | PR1245091003      |  |
|   |            |       |      | Client sampling date / time |         | 23-OCT-2012 00:00    |         | 23-OCT-2012 00:00 |         | 23-OCT-2012 00:00 |  |
| Parameter                               | Method     | LOR   | Unit | Result                      | MU      | Result               | MU      | Result            | MU      |                   |  |
| <b>Aggregate Parameters</b>             |            |       |      |                             |         |                      |         |                   |         |                   |  |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 0.50  | mg/L | 10.5                        | ±20.0 % | 2.65                 | ±20.0 % | 3.50              | ±20.0 % |                   |  |
| Phenol Index                            | W-PHI-PHO  | 0.005 | mg/L | 0.015                       | ±30.2 % | <0.005               | ----    | 0.027             | ±23.6 % |                   |  |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |       |      |                             |         |                      |         |                   |         |                   |  |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 1.00  | mg/L | 7.32                        | ±20.0 % | 5.10                 | ±20.0 % | 10.2              | ±20.0 % |                   |  |
| Fluoride                                | W-F-IC     | 0.200 | mg/L | <0.200                      | ----    | <0.200               | ----    | <0.200            | ----    |                   |  |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 5.00  | mg/L | 31.2                        | ±15.0 % | 6.71                 | ±15.0 % | 279               | ±15.0 % |                   |  |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |       |      |                             |         |                      |         |                   |         |                   |  |
| Antimony                                | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | <1.0                        | ----    | <1.0                 | ----    | <1.0              | ----    |                   |  |
| Arsenic                                 | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | <1.0                        | ----    | <1.0                 | ----    | <1.0              | ----    |                   |  |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 15.8                        | ±10.0 % | 12.3                 | ±10.0 % | 30.3              | ±10.0 % |                   |  |
| Cadmium                                 | W-METMSFX1 | 0.50  | µg/L | <0.50                       | ----    | <0.50                | ----    | <0.50             | ----    |                   |  |
| Chromium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | <5.0                        | ----    | <5.0                 | ----    | <5.0              | ----    |                   |  |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 2.0                         | ±10.0 % | 2.2                  | ±10.0 % | <1.0              | ----    |                   |  |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | <1.0                        | ----    | 2.7                  | ±10.0 % | <1.0              | ----    |                   |  |
| Mercury                                 | W-HG-AFSFX | 0.010 | µg/L | <0.010                      | ----    | <0.010               | ----    | <0.010            | ----    |                   |  |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 3.1                         | ±10.0 % | <1.0                 | ----    | 3.9               | ±10.0 % |                   |  |
| Nickel                                  | W-METMSFX1 | 3.0   | µg/L | <3.0                        | ----    | <3.0                 | ----    | <3.0              | ----    |                   |  |
| Selenium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | <5.0                        | ----    | <5.0                 | ----    | <5.0              | ----    |                   |  |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 2.0   | µg/L | 2.1                         | ±10.0 % | 2.0                  | ±10.0 % | <2.0              | ----    |                   |  |
| <b>Petroleum Hydrocarbons</b>           |            |       |      |                             |         |                      |         |                   |         |                   |  |
| C10 - C40 Fraction                      | W-TPHFID01 | 50    | µg/L | <50                         | ----    | ----                 | ----    | ----              | ----    |                   |  |

| Sub-Matrix: WATER                       |            |       |      | Client sample ID            |         | BM_LL1            |         | 70ABGE + 30BET-F_LL2 |         | BET-B_LL1         |  |
|---|------------|-------|------|-----------------------------|---------|-------------------|---------|----------------------|---------|-------------------|--|
|   |            |       |      | Laboratory sample ID        |         | PR1245091004      |         | PR1245091005         |         | PR1245091006      |  |
|   |            |       |      | Client sampling date / time |         | 23-OCT-2012 00:00 |         | 23-OCT-2012 00:00    |         | 23-OCT-2012 00:00 |  |
| Parameter                               | Method     | LOR   | Unit | Result                      | MU      | Result            | MU      | Result               | MU      |                   |  |
| <b>Aggregate Parameters</b>             |            |       |      |                             |         |                   |         |                      |         |                   |  |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 0.50  | mg/L | 11.4                        | ±20.0 % | 8.45              | ±20.0 % | 26.8                 | ±20.0 % |                   |  |
| Phenol Index                            | W-PHI-PHO  | 0.005 | mg/L | 0.008                       | ±47.0 % | 0.017             | ±28.3 % | 0.025                | ±24.2 % |                   |  |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |       |      |                             |         |                   |         |                      |         |                   |  |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 1.00  | mg/L | 38.0                        | ±20.0 % | 6.73              | ±20.0 % | 18.6                 | ±20.0 % |                   |  |
| Fluoride                                | W-F-IC     | 0.200 | mg/L | <0.200                      | ----    | <0.200            | ----    | <0.200               | ----    |                   |  |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 5.00  | mg/L | 484                         | ±15.0 % | 37.1              | ±15.0 % | 335                  | ±15.0 % |                   |  |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |       |      |                             |         |                   |         |                      |         |                   |  |
| Antimony                                | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | <1.0                        | ----    | <1.0              | ----    | <1.0                 | ----    |                   |  |
| Arsenic                                 | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 1.2                         | ±10.0 % | <1.0              | ----    | <1.0                 | ----    |                   |  |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 167                         | ±10.0 % | 14.6              | ±10.0 % | 90.2                 | ±10.0 % |                   |  |
| Cadmium                                 | W-METMSFX1 | 0.50  | µg/L | <0.50                       | ----    | <0.50             | ----    | <0.50                | ----    |                   |  |
| Chromium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | 34.8                        | ±10.0 % | <5.0              | ----    | <5.0                 | ----    |                   |  |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 3.2                         | ±10.0 % | 1.3               | ±10.0 % | 3.4                  | ±10.0 % |                   |  |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 2.6                         | ±10.0 % | <1.0              | ----    | <1.0                 | ----    |                   |  |
| Mercury                                 | W-HG-AFSFX | 0.010 | µg/L | <0.010                      | ----    | <0.010            | ----    | <0.010               | ----    |                   |  |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 13.2                        | ±10.0 % | 3.6               | ±10.0 % | 5.6                  | ±10.0 % |                   |  |
| Nickel                                  | W-METMSFX1 | 3.0   | µg/L | <3.0                        | ----    | <3.0              | ----    | <3.0                 | ----    |                   |  |
| Selenium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | 5.6                         | ±10.0 % | <5.0              | ----    | <5.0                 | ----    |                   |  |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 2.0   | µg/L | 2.0                         | ±10.0 % | <2.0              | ----    | <2.0                 | ----    |                   |  |
| <b>Petroleum Hydrocarbons</b>           |            |       |      |                             |         |                   |         |                      |         |                   |  |

ALS Czech Republic, s.r.o.  
 Part of the ALS Laboratory Group  
 Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00  
 Tel. +420 226 226 228 Fax. +420 284 081 635 www.alsenviro.com  
 A Campbell Brothers Limited Company

Issue Date : 30-OCT-2012  
 Page : 3 of 3  
 Work Order : PR1245091  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



| Sub-Matrix: WATER                         |            |     |      | Client sample ID            |      | BM_LL1            |      | 70ABGE +<br>30BET-F_LL2 |      | BET-B_LL1         |  |
|---|------------|-----|------|-----------------------------|------|-------------------|------|-------------------------|------|-------------------|--|
|   |            |     |      | Laboratory sample ID        |      | PR1245091004      |      | PR1245091005            |      | PR1245091006      |  |
|   |            |     |      | Client sampling date / time |      | 23-OCT-2012 00:00 |      | 23-OCT-2012 00:00       |      | 23-OCT-2012 00:00 |  |
| Parameter                                 | Method     | LOR | Unit | Result                      | MU   | Result            | MU   | Result                  | MU   |                   |  |
| <b>Petroleum Hydrocarbons - Continued</b> |            |     |      |                             |      |                   |      |                         |      |                   |  |
| C10 - C40 Fraction                        | W-TPHFID01 | 50  | µg/L | ----                        | ---- | <50               | ---- | <50                     | ---- |                   |  |

When sampling time information is not provided by the client, sampling dates are shown without a time component. In these instances, the time component has been assumed by the laboratory for processing purposes. Measurement uncertainty is expressed as expanded measurement uncertainty with coverage factor k = 2, representing 95% confidence level.

Key: LOR = Limit of reporting; MU = Measurement Uncertainty

**The end of result part of the certificate of analysis**

**Brief Method Summaries**

| Analytical Methods  | Method Descriptions   |
|---|---|
| <i>Location of test performance: Bendlova 1687/7 Ceska Lipa Czech Republic 470 01</i>         |   |
| W-PHI-PHO   | CZ_SOP_D06_07_030 (CSN ISO 6439) Determination of phenol index by spectrophotometry.  |
| <i>Location of test performance: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00</i> |   |
| W-CL-IC   | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-DOC-IR  | CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).   |
| W-F-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-HG-AFSFX  | CZ_SOP_D06_02_096 (US EPA 245.7, US EPA 1631, CSN EN ISO 17852, CSN EN 13370 samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2.) Determination of Mercury by Fluorescence Spectrometry. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-METMSFX1  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-METMSFX2  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-SO4-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-TPHFID01  | CZ_SOP_D06_03_151 (CSN EN ISO 9377-2, Z1) Determination of extractable compounds in the range of hydrocarbons C5-C50, their fractions calculated from the measured values by gas chromatography method with FID detection                                       |

A "\*" symbol preceding any method indicates non-accredited test. In the case when a procedure belonging to an accredited method was used for non-accredited matrix, would apply that the reported results are non-accredited. Please refer to General Comment section on front page for information.

The calculation methods of summation parameters are available on request in the client service.





## CERTIFICATE OF ANALYSIS

|              |   |              |   |
|--------------|---|--------------|---|
| Work Order   | : PR1245075   | Issue Date   | : 05-NOV-2012   |
| Amendment    | : 1   |              |   |
| Client       | : DEMOTRI - DEMOLICOES,<br>RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.                    | Laboratory   | : ALS Czech Republic, s.r.o.                                  |
| Contact      | : Mr. Antonio Roque   | Contact      | : Client Service  |
| Address      | : Ambigroup<br>Edificio Alem, EN 115 - km 65.2<br>Arranho Portugal 2630-058 | Address      | : Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany<br>Czech Republic 190 00 |
| E-mail       | : aroque@lnec.pt  | E-mail       | : customer.support@alsglobal.com                              |
| Telephone    | : ----  | Telephone    | : +420 226 226 228  |
| Facsimile    | : ----  | Facsimile    | : +420 284 081 635  |
| Project      | : SUPREMA   | Page         | : 1 of 4  |
| Order number | : 129/2012  | Date Samples | : 23-OCT-2012   |
| C-O-C number | : ----  | Received     |   |
| Site         | : ----  | Quote number | : PR2012DEMDE-PT0001<br>(PT-300-12-1022)                      |
| Sampled by   | : Client  | Date of test | : 24-OCT-2012 - 05-NOV-2012                                   |
|              |   | QC Level     | : ALS CR Standard Quality Control<br>Schedule                 |

### General Comments

This report shall not be reproduced except in full, without prior written approval from the laboratory.

The laboratory declares that the test results relate only to the listed samples.

Sample(s) PR1245075/001 and /003, method S-TOC-COU - lower LOR for TOC cannot be reached due to the comparable concentrations of TC and TIC.

Methods S-TC-COU, S-TIC-COU, S-TOC-CC - samples were dried at 105 °C and pulverized before analysis.

Sample(s) PR1245075001,002,003: Method S-TPHFID01: The sample contains high-boiling hydrocarbons with more than C40.

Amendment No.1 - the TOC result is expressed in %.

### Responsible for accuracy

Signatories  
Zdenek Jirak

Position  
Prague Laboratory Manager

Testing Laboratory  
Accredited by CAI



L 1163

ALS Czech Republic, s.r.o.

Part of the ALS Laboratory Group

Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00  
Tel. +420 226 226 228 Fax. +420 284 081 635

Environmental

[www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com)

RIGHT SOLUTIONS RIGHT PARTNER

Issue Date : 05-NOV-2012  
 Page : 2 of 4  
 Work Order : PR1245075 Amendment 1  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



## Analytical Results

| Sub-Matrix: SOIL                                |            |        |       | Client sample ID            |         |         | BETAO BRITA DO MISTO (SEIXAL) |         | BETUMINOSO BRITA DO (SEIXAL) |        | 70ABGE + 30 BET-F (LNEC) |  |
|---|------------|--------|-------|-----------------------------|---------|---------|-------------------------------|---------|------------------------------|--------|--------------------------|--|
|   |            |        |       | Laboratory sample ID        |         |         | PR1245075001                  |         | PR1245075002                 |        | PR1245075003             |  |
|   |            |        |       | Client sampling date / time |         |         | 23-OCT-2012 00:00             |         | 23-OCT-2012 00:00            |        | 23-OCT-2012 00:00        |  |
| Parameter                                       | Method     | LOR    | Unit  | Result                      | MU      | Result  | MU                            | Result  | MU                           | Result | MU                       |  |
| <b>Physical Parameters</b>                      |            |        |       |                             |         |         |                               |         |                              |        |                          |  |
| Dry matter @ 105°C                              | S-DRY-GRCl | 0.10   | %     | 99.1                        | ±10.0 % | 99.8    | ±10.0 %                       | 99.7    | ±10.0 %                      |        |                          |  |
| Moisture  | S-DRY-GRCl | 0.10   | %     | 0.88                        | ±12.5 % | 0.25    | ±28.5 %                       | 0.25    | ±28.2 %                      |        |                          |  |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b>         |            |        |       |                             |         |         |                               |         |                              |        |                          |  |
| Total Organic Carbon                            | S-TOC-CC   | 0.010  | %     | <0.490                      | ---     | 3.32    | ---                           | <1.41   | ---                          |        |                          |  |
| <b>BTEX</b>                                     |            |        |       |                             |         |         |                               |         |                              |        |                          |  |
| Benzene   | S-VOCGMS01 | 0.020  | mg/kg | <0.020                      | ---     | <0.020  | ---                           | <0.020  | ---                          |        |                          |  |
| Toluene   | S-VOCGMS01 | 0.100  | mg/kg | <0.100                      | ---     | <0.100  | ---                           | <0.100  | ---                          |        |                          |  |
| Ethylbenzene                                    | S-VOCGMS01 | 0.020  | mg/kg | <0.020                      | ---     | <0.020  | ---                           | <0.020  | ---                          |        |                          |  |
| meta- & para-Xylene                             | S-VOCGMS01 | 0.020  | mg/kg | <0.020                      | ---     | <0.020  | ---                           | <0.020  | ---                          |        |                          |  |
| ortho-Xylene                                    | S-VOCGMS01 | 0.010  | mg/kg | <0.010                      | ---     | <0.010  | ---                           | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Sum of BTEX                                     | S-VOCGMS01 | 0.170  | mg/kg | <0.170                      | ---     | <0.170  | ---                           | <0.170  | ---                          |        |                          |  |
| Sum of xylenes                                  | S-VOCGMS01 | 0.030  | mg/kg | <0.030                      | ---     | <0.030  | ---                           | <0.030  | ---                          |        |                          |  |
| <b>Polycyclic Aromatics Hydrocarbons (PAHs)</b> |            |        |       |                             |         |         |                               |         |                              |        |                          |  |
| Naphthalene                                     | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.038                       | ±30.0 % | <0.010  | ---                           | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Acenaphthylene                                  | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | <0.010                      | ---     | <0.010  | ---                           | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Acenaphthene                                    | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | <0.010                      | ---     | 0.014   | ±30.0 %                       | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Fluorene  | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | <0.010                      | ---     | 0.016   | ±30.0 %                       | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Phenanthrene                                    | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.117                       | ±30.0 % | 0.160   | ±30.0 %                       | 0.114   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Anthracene                                      | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.021                       | ±30.0 % | 0.019   | ±30.0 %                       | 0.011   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Fluoranthene                                    | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.268                       | ±30.0 % | 0.100   | ±30.0 %                       | 0.027   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Pyrene  | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.224                       | ±30.0 % | 0.169   | ±30.0 %                       | 0.115   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Benz(a)anthracene                               | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.106                       | ±30.0 % | 0.094   | ±30.0 %                       | 0.048   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Chrysene  | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.111                       | ±30.0 % | 0.095   | ±30.0 %                       | 0.058   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Benzo(b)fluoranthene                            | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.210                       | ±30.0 % | 0.165   | ±30.0 %                       | 0.048   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Benzo(k)fluoranthene                            | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.058                       | ±30.0 % | 0.026   | ±30.0 %                       | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Benzo(a)pyrene                                  | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.135                       | ±30.0 % | 0.074   | ±30.0 %                       | 0.018   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Indeno(1,2,3-cd)pyrene                          | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.126                       | ±30.0 % | 0.060   | ±30.0 %                       | 0.012   | ±30.0 %                      |        |                          |  |
| Benzo(g,h,i)perylene                            | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.100                       | ±30.0 % | 0.053   | ±30.0 %                       | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Dibenz(a,h)anthracene                           | S-PAHGMS01 | 0.010  | mg/kg | 0.023                       | ±30.0 % | 0.033   | ±30.0 %                       | <0.010  | ---                          |        |                          |  |
| Sum of 16 PAH                                   | S-PAHGMS01 | 0.160  | mg/kg | 1.54                        | ---     | 1.08    | ---                           | 0.451   | ---                          |        |                          |  |
| <b>PCBs</b>                                     |            |        |       |                             |         |         |                               |         |                              |        |                          |  |
| PCB 28  | S-PCBECD01 | 0.0030 | mg/kg | 0.0087                      | ±40.0 % | 0.0091  | ±40.0 %                       | <0.0030 | ---                          |        |                          |  |
| PCB 52  | S-PCBECD01 | 0.0030 | mg/kg | 0.0077                      | ±40.0 % | 0.0053  | ±40.0 %                       | <0.0030 | ---                          |        |                          |  |
| PCB 101   | S-PCBECD01 | 0.0030 | mg/kg | 0.0091                      | ±40.0 % | 0.0047  | ±40.0 %                       | <0.0030 | ---                          |        |                          |  |
| PCB 118   | S-PCBECD01 | 0.0030 | mg/kg | 0.0058                      | ±40.0 % | <0.0030 | ---                           | <0.0030 | ---                          |        |                          |  |
| PCB 138   | S-PCBECD01 | 0.0030 | mg/kg | 0.0075                      | ±40.0 % | 0.0038  | ±40.0 %                       | <0.0030 | ---                          |        |                          |  |
| PCB 153   | S-PCBECD01 | 0.0030 | mg/kg | 0.0051                      | ±40.0 % | <0.0030 | ---                           | <0.0030 | ---                          |        |                          |  |
| PCB 180   | S-PCBECD01 | 0.0030 | mg/kg | <0.0030                     | ---     | <0.0030 | ---                           | <0.0030 | ---                          |        |                          |  |
| Sum of 6 PCBs                                   | S-PCBECD01 | 0.018  | mg/kg | 0.038                       | ---     | 0.023   | ---                           | <0.018  | ---                          |        |                          |  |
| Sum of 7 PCBs                                   | S-PCBECD01 | 0.021  | mg/kg | 0.044                       | ---     | 0.023   | ---                           | <0.021  | ---                          |        |                          |  |
| <b>Petroleum Hydrocarbons</b>                   |            |        |       |                             |         |         |                               |         |                              |        |                          |  |
| C10 - C40 Fraction                              | S-TPHFID01 | 20     | mg/kg | 285                         | ±30.0 % | 2910    | ±30.0 %                       | 1540    | ±30.0 %                      |        |                          |  |

| Sub-Matrix: LEACHATE |        |     |      | Client sample ID            |    |        | BETAO BRITA DO MISTO (SEIXAL) |        | BETUMINOSO BRITA DO (SEIXAL) |        | 70ABGE + 30 BET-F (LNEC) |  |
|----------------------|--------|-----|------|-----------------------------|----|--------|-------------------------------|--------|------------------------------|--------|--------------------------|--|
|                      |        |     |      | Laboratory sample ID        |    |        | PR1245075001                  |        | PR1245075002                 |        | PR1245075003             |  |
|                      |        |     |      | Client sampling date / time |    |        | 23-OCT-2012 00:00             |        | 23-OCT-2012 00:00            |        | 23-OCT-2012 00:00        |  |
| Parameter            | Method | LOR | Unit | Result                      | MU | Result | MU                            | Result | MU                           | Result | MU                       |  |

ALS Czech Republic, s.r.o.  
 Part of the ALS Laboratory Group  
 Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00  
 Tel. +420 226 226 228 Fax. +420 284 081 635 www.alsenviro.com  
 A Campbell Brothers Limited Company

Issue Date : 05-NOV-2012  
 Page : 3 of 4  
 Work Order : PR1245075 Amendment 1  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



| Sub-Matrix: LEACHATE                    |            |         |          | Client sample ID            |         | BETAO BRITA DO MISTO (SEIXAL) |         | BETUMINOSO BRITA DO (SEIXAL) |         | 70ABGE + 30 BET-F (LNEC) |    |
|---|------------|---------|----------|-----------------------------|---------|-------------------------------|---------|------------------------------|---------|--------------------------|----|
|   |            |         |          | Laboratory sample ID        |         | PR1245075001                  |         | PR1245075002                 |         | PR1245075003             |    |
|   |            |         |          | Client sampling date / time |         | 23-OCT-2012 00:00             |         | 23-OCT-2012 00:00            |         | 23-OCT-2012 00:00        |    |
| Parameter                               | Method     | LOR     | Unit     | Result                      | MU      | Result                        | MU      | Result                       | MU      | Result                   | MU |
| <b>Aggregate Parameters</b>             |            |         |          |                             |         |                               |         |                              |         |                          |    |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 5.0     | mg/kg DW | 75.2                        | ±20.0 % | 22.2                          | ±20.0 % | 5.4                          | ±20.0 % |                          |    |
| Phenol Index                            | W-PHI-PHO  | 0.05    | mg/kg DW | <0.05                       | ---     | <0.05                         | ---     | <0.05                        | ---     |                          |    |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |         |          |                             |         |                               |         |                              |         |                          |    |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 10.0    | mg/kg DW | 36.7                        | ±20.0 % | 18.0                          | ±20.0 % | <10.0                        | ---     |                          |    |
| Fluoride                                | W-F-IC     | 2.00    | mg/kg DW | 2.18                        | ±15.0 % | <2.00                         | ---     | 2.17                         | ±15.0 % |                          |    |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 50.0    | mg/kg DW | 1200                        | ±15.0 % | 410                           | ±15.0 % | 210                          | ±15.0 % |                          |    |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |         |          |                             |         |                               |         |                              |         |                          |    |
| Antimony                                | W-METMSFX1 | 0.010   | mg/kg DW | 0.027                       | ±10.0 % | 0.013                         | ±10.0 % | <0.010                       | ---     |                          |    |
| Arsenic                                 | W-METMSFX1 | 0.010   | mg/kg DW | <0.010                      | ---     | <0.010                        | ---     | <0.010                       | ---     |                          |    |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 0.010   | mg/kg DW | 0.243                       | ±10.0 % | 0.123                         | ±10.0 % | 0.170                        | ±10.0 % |                          |    |
| Cadmium                                 | W-METMSFX1 | 0.0050  | mg/kg DW | <0.0050                     | ---     | <0.0050                       | ---     | <0.0050                      | ---     |                          |    |
| Chromium                                | W-METMSFX1 | 0.050   | mg/kg DW | 0.175                       | ±10.0 % | 0.068                         | ±10.0 % | <0.050                       | ---     |                          |    |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 0.010   | mg/kg DW | 0.055                       | ±10.0 % | 0.017                         | ±10.0 % | <0.010                       | ---     |                          |    |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 0.010   | mg/kg DW | <0.010                      | ---     | <0.010                        | ---     | <0.010                       | ---     |                          |    |
| Mercury                                 | W-HG-AFSFX | 0.00010 | mg/kg DW | 0.00244                     | ±10.0 % | 0.00264                       | ±10.0 % | <0.00010                     | ---     |                          |    |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 0.010   | mg/kg DW | 0.043                       | ±10.0 % | 0.027                         | ±10.0 % | 0.013                        | ±10.0 % |                          |    |
| Nickel                                  | W-METMSFX1 | 0.030   | mg/kg DW | <0.030                      | ---     | <0.030                        | ---     | <0.030                       | ---     |                          |    |
| Selenium                                | W-METMSFX1 | 0.050   | mg/kg DW | <0.050                      | ---     | <0.050                        | ---     | <0.050                       | ---     |                          |    |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 0.020   | mg/kg DW | 0.158                       | ±10.0 % | 0.183                         | ±10.0 % | 0.047                        | ±10.0 % |                          |    |
| <b>Petroleum Hydrocarbons</b>           |            |         |          |                             |         |                               |         |                              |         |                          |    |
| C10 - C40 Fraction                      | W-TPHFID01 | 0.50    | mg/kg DW | ---                         | ---     | <0.50                         | ---     | <0.50                        | ---     |                          |    |

When sampling time information is not provided by the client, sampling dates are shown without a time component. In these instances, the time component has been assumed by the laboratory for processing purposes. Measurement uncertainty is expressed as expanded measurement uncertainty with coverage factor k = 2, representing 95% confidence level.

Key: LOR = Limit of reporting; MU = Measurement Uncertainty

### The end of result part of the certificate of analysis

#### Brief Method Summaries

| Analytical Methods  | Method Descriptions   |
|---|---|
| <i>Location of test performance: Bendlova 1687/7 Ceska Lipa Czech Republic 470 01</i>         |   |
| S-DRY-GRCI  | CZ_SOP_D06_01_045 (CSN ISO 11465) Determination of total dry matter by gravimetry; CZ_SOP_D06_07_046 (CSN ISO 11465, CSN EN 12880, CSN 46 5735) Determination of dry matter and water content by gravimetry.  |
| S-TC-COU  | CZ_SOP_D06_07_055 (CSN ISO 10694, CSN EN 13137) Determination of total sulphur (TS), total carbon (TC), total organic carbon (TOC), total inorganic carbon (TIC) and carbonates in solid samples by coulometry.   |
| S-TIC-COU   | CZ_SOP_D06_07_055 (CSN ISO 10694, CSN EN 13137) Determination of total sulphur (TS), total carbon (TC), total organic carbon (TOC), total inorganic carbon (TIC) and carbonates in solid samples by coulometry.   |
| S-TOC-CC  | CZ_SOP_D06_07_055 (CSN ISO 10694, CSN EN 13137) Determination of total sulphur (TS), total carbon (TC), total organic carbon (TOC), total inorganic carbon (TIC) and carbonates in solid samples by coulometry.   |
| W-PHI-PHO   | CZ_SOP_D06_07_030 (CSN ISO 6439) Determination of phenol index by spectrophotometry.  |
| <i>Location of test performance: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00</i> |   |
| S-PAHGMS01  | CZ_SOP_D06_03_161 (US EPA 8270, US EPA 8131, US EPA 8091, CSN EN ISO 6468, samples preparation according to CZ_SOP_D06_03_P01 chap. 9.2, 9.3, 9.4.2) Determination of semi volatile organic compounds by gas chromatography method with MS detection                        |
| S-PCBECD01  | CZ_SOP_D06_03_166 (DIN 38407, part 2, US EPA 8082, samples preparation according to CZ_SOP_D06_03_P01 chap. 9.2, 9.3, CZ_SOP_D06_03_P02 chap. 9.2, 9.3, 9.4) Determination of polychlorinated biphenyls - congener analyses by gas chromatography method with ECD detection |
| S-TPHFID01  | CZ_SOP_D06_03_150 (CSN EN 14039) Determination of extractable compounds in the range of hydrocarbons C5 - C50, their fractions calculated from the measured values by gas chromatography method with FID detection  |

ALS Czech Republic, s.r.o.

Part of the ALS Laboratory Group

Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00  
 Tel. +420 226 226 228 Fax. +420 284 081 635 www.alsenviro.com  
 A Campbell Brothers Limited Company

Issue Date : 05-NOV-2012  
Page : 4 of 4  
Work Order : PR1245075 Amendment 1  
Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



| Analytical Methods  | Method Descriptions   |
|---|---|
| S-VOCGMS01  | CZ_SOP_D06_03_155 except chap. 9.1 (US EPA 624, US EPA 8260, US EPA 5021A, US EPA 5021) Determination of volatile organic compounds by gas chromatography method with MS detection  |
| W-CL-IC   | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-DOC-IR  | CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).   |
| W-F-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-HG-AFSFX  | CZ_SOP_D06_02_096 (US EPA 245.7, US EPA 1631, CSN EN ISO 17852, CSN EN 13370 samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2.) Determination of Mercury by Fluorescence Spectrometry. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis.   |
| W-METMSFX1  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis.   |
| W-METMSFX2  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis.   |
| W-SO4-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-TPHFID01  | CZ_SOP_D06_03_151 (CSN EN ISO 9377-2, Z1) Determination of extractable compounds in the range of hydrocarbons C5-C50, their fractions calculated from the measured values by gas chromatography method with FID detection   |
| Preparation Methods   | Method Descriptions   |
| <i>Location of test performance: Bendlova 1687/7 Ceska Lipa Czech Republic 470 01</i> |   |
| *S-PPHOM.07   | CZ_SOP_D06_07_P01 Preparation of solid samples for analysis (crushing, milling and pulverizing).  |
| *S-PPHOM0.3   | CZ_SOP_D06_07_P01 Preparation of solid samples for analysis (crushing, milling and pulverizing).  |
| *S-PPHOM4   | CZ_SOP_D06_07_P01 Preparation of solid samples for analysis (crushing, milling and pulverizing).  |
| *S-PPL24CE  | CSN EN 12457-4 (CZ_SOP_D06_07_P04) Characterisation of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludge - Part 4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 L/kg for materials with particle size below 10 mm (without or with size reduction). Liquid to Solid ratio was 10:1. |
| *S-PPL24CEO   | CSN EN 12457-4 (CZ_SOP_D06_07_P04) Characterisation of waste - Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludge - Part 4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 L/kg for materials with particle size below 10 mm (without or with size reduction). Liquid to Solid ratio was 10:1. |

A \*\* symbol preceding any method indicates non-accredited test. In the case when a procedure belonging to an accredited method was used for non-accredited matrix, would apply that the reported results are non-accredited. Please refer to General Comment section on front page for information.

The calculation methods of summation parameters are available on request in the client service.

## CERTIFICATE OF ANALYSIS

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Work Order</b> : PR1247800</p> <p><b>Client</b> : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.</p> <p><b>Contact</b> : Mr. Antonio Roque</p> <p><b>Address</b> : Ambigroup<br/>Edificio Alem, EN 115 - km 65.2<br/>Arranho Portugal 2630-058</p> <p><b>E-mail</b> : aroque@lneec.pt</p> <p><b>Telephone</b> : ----</p> <p><b>Facsimile</b> : ----</p> <p><b>Project</b> : Lisimetros LNEC</p> <p><b>Order number</b> : N°129/2012</p> <p><b>C-O-C number</b> : ----</p> <p><b>Site</b> : ----</p> <p><b>Sampled by</b> : client</p> | <p><b>Issue Date</b> : 15-NOV-2012</p> <p><b>Laboratory</b> : ALS Czech Republic, s.r.o.</p> <p><b>Contact</b> : Client Service</p> <p><b>Address</b> : Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany<br/>Czech Republic 190 00</p> <p><b>E-mail</b> : customer.support@alsglobal.com</p> <p><b>Telephone</b> : +420 284 081 671</p> <p><b>Facsimile</b> : +420 284 081 635</p> <p><b>Page</b> : 1 of 3</p> <p><b>Date Samples Received</b> : 09-NOV-2012</p> <p><b>Quote number</b> : PR2012DEMDE-PT0001<br/>(PT-300-12-1022)</p> <p><b>Date of test</b> : 09-NOV-2012 - 15-NOV-2012</p> <p><b>QC Level</b> : ALS CR Standard Quality Control Schedule</p> |
|--|--|

### General Comments

This report shall not be reproduced except in full, without prior written approval from the laboratory.  
The laboratory declares that the test results relate only to the listed samples.

### Responsible for accuracy

Signatories  
Zdenek Jirak



Position  
Prague Laboratory Manager



Testing Laboratory  
Accredited by CAI



L 1163

Issue Date : 15-NOV-2012  
 Page : 2 of 3  
 Work Order : PR1247800  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



## Analytical Results

| Sub-Matrix: WATER                       |            | Client sample ID            |      | B_LL2             | 70ABGE+30BET-F_L  |        | ---     |     |     |
|---|------------|-----------------------------|------|-------------------|-------------------|--------|---------|-----|-----|
|   |            | Laboratory sample ID        |      | PR1247800001      | PR1247800002      |        | ---     |     |     |
|   |            | Client sampling date / time |      | 09-NOV-2012 00:00 | 09-NOV-2012 00:00 |        | ---     |     |     |
| Parameter                               | Method     | LOR                         | Unit | Result            | MU                | Result | MU      | --- | --- |
| <b>Aggregate Parameters</b>             |            |                             |      |                   |                   |        |         |     |     |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 0.50                        | mg/L | 7.20              | ±20.0 %           | 6.44   | ±20.0 % | --- | --- |
| Phenol Index                            | W-PHI-PHO  | 0.005                       | mg/L | 0.005             | ±70.9 %           | <0.005 | ---     | --- | --- |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |                             |      |                   |                   |        |         |     |     |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 1.00                        | mg/L | 23.9              | ±20.0 %           | 6.64   | ±20.0 % | --- | --- |
| Fluoride                                | W-F-IC     | 0.200                       | mg/L | <0.200            | ---               | ---    | ---     | --- | --- |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 5.00                        | mg/L | 355               | ±15.0 %           | 34.9   | ±15.0 % | --- | --- |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |                             |      |                   |                   |        |         |     |     |
| Antimony                                | W-METMSFX1 | 1.0                         | µg/L | 2.9               | ±10.0 %           | <1.0   | ---     | --- | --- |
| Arsenic                                 | W-METMSFX1 | 1.0                         | µg/L | 1.3               | ±10.0 %           | <1.0   | ---     | --- | --- |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 1.0                         | µg/L | 87.3              | ±10.0 %           | 15.8   | ±10.0 % | --- | --- |
| Cadmium                                 | W-METMSFX1 | 0.50                        | µg/L | <0.50             | ---               | <0.50  | ---     | --- | --- |
| Chromium                                | W-METMSFX1 | 5.0                         | µg/L | 68.0              | ±10.0 %           | <5.0   | ---     | --- | --- |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 1.0                         | µg/L | 2.9               | ±10.0 %           | 1.4    | ±10.0 % | --- | --- |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 1.0                         | µg/L | 1.2               | ±10.0 %           | <1.0   | ---     | --- | --- |
| Mercury                                 | W-HG-AFSFX | 0.010                       | µg/L | <0.010            | ---               | <0.010 | ---     | --- | --- |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 1.0                         | µg/L | 14.9              | ±10.0 %           | 2.8    | ±10.0 % | --- | --- |
| Nickel                                  | W-METMSFX1 | 3.0                         | µg/L | <3.0              | ---               | <3.0   | ---     | --- | --- |
| Selenium                                | W-METMSFX1 | 5.0                         | µg/L | <5.0              | ---               | <5.0   | ---     | --- | --- |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 2.0                         | µg/L | <2.0              | ---               | 3.4    | ±10.0 % | --- | --- |

If the client does not specify the date and time of sample collection, the laboratory will specify the date on sample delivery in parentheses, instead. If the time of sample collection is specified as 0:00 it means that the client did specify the date but not the time. Measurement uncertainty is expressed as expanded measurement uncertainty with coverage factor k = 2, representing 95% confidence level.

Key: LOR = Limit of reporting; MU = Measurement Uncertainty

### The end of result part of the certificate of analysis

#### Brief Method Summaries

| Analytical Methods   | Method Descriptions   |
|--|---|
| Location of test performance: Bendlova 1687/7 Ceska Lipa Czech Republic 470 01         |   |
| W-PHI-PHO  | CZ_SOP_D06_07_030 (CSN ISO 6439) Determination of phenol index by spectrophotometry.  |
| Location of test performance: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00 |   |
| W-CL-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-DOC-IR   | CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).   |
| W-F-IC   | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-HG-AFSFX   | CZ_SOP_D06_02_096 (US EPA 245.7, US EPA 1631, CSN EN ISO 17852, CSN EN 13370 samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2.) Determination of Mercury by Fluorescence Spectrometry. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-METMSFX1   | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-METMSFX2   | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-SO4-IC   | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |

ALS Czech Republic, s.r.o.

Part of the ALS Laboratory Group

Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00  
 Tel. +420 284 081 671 Fax. +420 284 081 635 www.alsenviro.com  
 A Campbell Brothers Limited Company

Issue Date : 15-NOV-2012  
Page : 3 of 3  
Work Order : PR1247800  
Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



---

A "\*" symbol preceding any method indicates non-accredited test. In the case when a procedure belonging to an accredited method was used for non-accredited matrix, would apply that the reported results are non-accredited. Please refer to General Comment section on front page for information.

The calculation methods of summation parameters are available on request in the client service.

---

**ALS Czech Republic, s.r.o.**

Part of the **ALS Laboratory Group**

Na Harfe 338/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00  
Tel. +420 284 081 671 Fax. +420 284 081 635 [www.alsenviro.com](http://www.alsenviro.com)  
A Campbell Brothers Limited Company



## CERTIFICATE OF ANALYSIS

|  |  |
|--|--|
| <b>Work Order</b> : PR1246449  | <b>Issue Date</b> : 06-NOV-2012  |
| <b>Client</b> : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.                        | <b>Laboratory</b> : ALS Czech Republic, s.r.o.                               |
| <b>Contact</b> : Mr. Antonio Roque   | <b>Contact</b> : Client Service  |
| <b>Address</b> : Ambigroup<br>Edificio Alem, EN 115 - km 65.2<br>Arranho Portugal 2630-058 | <b>Address</b> : Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany<br>Czech Republic 190 00 |
| <b>E-mail</b> : aroque@lneec.pt  | <b>E-mail</b> : customer.support@alsglobal.com                               |
| <b>Telephone</b> : ----  | <b>Telephone</b> : +420 284 081 671  |
| <b>Facsimile</b> : ----  | <b>Facsimile</b> : +420 284 081 635  |
| <b>Project</b> : Lisimetros LNEC   | <b>Page</b> : 1 of 3   |
| <b>Order number</b> : N° 129/2012  | <b>Date Samples</b> : 31-OCT-2012  |
| <b>C-O-C number</b> : ----   | <b>Received</b> : PR2012DEMDE-PT0001   |
| <b>Site</b> : ----   | <b>Quote number</b> : (PT-300-12-1022)                                       |
| <b>Sampled by</b> : client   | <b>Date of test</b> : 31-OCT-2012 - 06-NOV-2012                              |
|  | <b>QC Level</b> : ALS CR Standard Quality Control Schedule                   |

### General Comments

This report shall not be reproduced except in full, without prior written approval from the laboratory.  
The laboratory declares that the test results relate only to the listed samples.

### Responsible for accuracy

Signatories  
Zdenek Jirak



Position  
Prague Laboratory Manager



**Testing Laboratory**  
Accredited by CAI

L 1163

Issue Date : 06-NOV-2012  
 Page : 2 of 3  
 Work Order : PR1246449  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



## Analytical Results

| Sub-Matrix: WATER                       |            |       |      | Client sample ID            |         |        | B_LL1             |        | BET-B_LL2         |  | BM_LL2            |  |
|---|------------|-------|------|-----------------------------|---------|--------|-------------------|--------|-------------------|--|-------------------|--|
|   |            |       |      | Laboratory sample ID        |         |        | PR1246449001      |        | PR1246449002      |  | PR1246449003      |  |
|   |            |       |      | Client sampling date / time |         |        | 31-OCT-2012 00:00 |        | 31-OCT-2012 00:00 |  | 31-OCT-2012 00:00 |  |
| Parameter                               | Method     | LOR   | Unit | Result                      | MU      | Result | MU                | Result | MU                |  |                   |  |
| <b>Agregate Parameters</b>              |            |       |      |                             |         |        |                   |        |                   |  |                   |  |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 0.50  | mg/L | 11.3                        | ±20.0 % | 26.9   | ±20.0 %           | 12.1   | ±20.0 %           |  |                   |  |
| Phenol Index                            | W-PHI-PHO  | 0.005 | mg/L | <0.005                      | ---     | <0.005 | ---               | <0.005 | ---               |  |                   |  |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |       |      |                             |         |        |                   |        |                   |  |                   |  |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 1.00  | mg/L | 43.2                        | ±20.0 % | 15.6   | ±20.0 %           | 34.9   | ±20.0 %           |  |                   |  |
| Fluoride                                | W-F-IC     | 0.200 | mg/L | <0.200                      | ---     | <0.200 | ---               | <0.200 | ---               |  |                   |  |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 5.00  | mg/L | 593                         | ±15.0 % | 315    | ±15.0 %           | 512    | ±15.0 %           |  |                   |  |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |       |      |                             |         |        |                   |        |                   |  |                   |  |
| Antimony                                | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 2.4                         | ±10.0 % | <1.0   | ---               | 1.3    | ±10.0 %           |  |                   |  |
| Arsenic                                 | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 1.2                         | ±10.0 % | <1.0   | ---               | <1.0   | ---               |  |                   |  |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 117                         | ±10.0 % | 82.0   | ±10.0 %           | 148    | ±10.0 %           |  |                   |  |
| Cadmium                                 | W-METMSFX1 | 0.50  | µg/L | <0.50                       | ---     | <0.50  | ---               | <0.50  | ---               |  |                   |  |
| Chromium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | 91.4                        | ±10.0 % | <5.0   | ---               | 61.1   | ±10.0 %           |  |                   |  |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 7.7                         | ±10.0 % | 4.3    | ±10.0 %           | 3.4    | ±10.0 %           |  |                   |  |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 5.9                         | ±10.0 % | <1.0   | ---               | 1.2    | ±10.0 %           |  |                   |  |
| Mercury                                 | W-HG-AFSFX | 0.010 | µg/L | <0.010                      | ---     | <0.010 | ---               | 0.014  | ±10.0 %           |  |                   |  |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 18.1                        | ±10.0 % | 6.2    | ±10.0 %           | 14.5   | ±10.0 %           |  |                   |  |
| Nickel                                  | W-METMSFX1 | 3.0   | µg/L | <3.0                        | ---     | <3.0   | ---               | <3.0   | ---               |  |                   |  |
| Selenium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | <5.0                        | ---     | <5.0   | ---               | <5.0   | ---               |  |                   |  |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 2.0   | µg/L | 11.0                        | ±10.0 % | <2.0   | ---               | <2.0   | ---               |  |                   |  |
| <b>Petroleum Hydrocarbons</b>           |            |       |      |                             |         |        |                   |        |                   |  |                   |  |
| C10 - C40 Fraction                      | W-TPHFID01 | 50    | µg/L | ---                         | ---     | <50    | ---               | ---    | ---               |  |                   |  |

| Sub-Matrix: WATER                       |            |       |      | Client sample ID            |         |        | ABGE_LL2          |     | REF_LL2           |  | --- |  |
|---|------------|-------|------|-----------------------------|---------|--------|-------------------|-----|-------------------|--|-----|--|
|   |            |       |      | Laboratory sample ID        |         |        | PR1246449004      |     | PR1246449005      |  | --- |  |
|   |            |       |      | Client sampling date / time |         |        | 31-OCT-2012 00:00 |     | 31-OCT-2012 00:00 |  | --- |  |
| Parameter                               | Method     | LOR   | Unit | Result                      | MU      | Result | MU                | --- | ---               |  |     |  |
| <b>Agregate Parameters</b>              |            |       |      |                             |         |        |                   |     |                   |  |     |  |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 0.50  | mg/L | 3.33                        | ±20.0 % | 2.14   | ±20.0 %           | --- | ---               |  |     |  |
| Phenol Index                            | W-PHI-PHO  | 0.005 | mg/L | <0.005                      | ---     | <0.005 | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |       |      |                             |         |        |                   |     |                   |  |     |  |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 1.00  | mg/L | 6.73                        | ±20.0 % | 4.97   | ±20.0 %           | --- | ---               |  |     |  |
| Fluoride                                | W-F-IC     | 0.200 | mg/L | <0.200                      | ---     | <0.200 | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 5.00  | mg/L | 228                         | ±15.0 % | 5.67   | ±15.0 %           | --- | ---               |  |     |  |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |       |      |                             |         |        |                   |     |                   |  |     |  |
| Antimony                                | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | <1.0                        | ---     | <1.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Arsenic                                 | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | <1.0                        | ---     | <1.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 28.2                        | ±10.0 % | 8.5    | ±10.0 %           | --- | ---               |  |     |  |
| Cadmium                                 | W-METMSFX1 | 0.50  | µg/L | <0.50                       | ---     | <0.50  | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Chromium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | <5.0                        | ---     | <5.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 1.0   | µg/L | 1.1                         | ±10.0 % | 1.4    | ±10.0 %           | --- | ---               |  |     |  |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | <1.0                        | ---     | <1.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Mercury                                 | W-HG-AFSFX | 0.010 | µg/L | <0.010                      | ---     | <0.010 | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 1.0   | µg/L | 4.2                         | ±10.0 % | <1.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Nickel                                  | W-METMSFX1 | 3.0   | µg/L | <3.0                        | ---     | <3.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Selenium                                | W-METMSFX1 | 5.0   | µg/L | <5.0                        | ---     | <5.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 2.0   | µg/L | <2.0                        | ---     | <2.0   | ---               | --- | ---               |  |     |  |

If the client does not specify the date and time of sample collection, the laboratory will specify the date on sample delivery in parentheses, instead. If the time of sample collection is specified as 0:00 it means that the client did specify the date but not the time. Measurement uncertainty is expressed as

Issue Date : 06-NOV-2012  
 Page : 3 of 3  
 Work Order : PR1246449  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



expanded measurement uncertainty with coverage factor  $k = 2$ , representing 95% confidence level.  
 Key: LOR = Limit of reporting; MU = Measurement Uncertainty

**The end of result part of the certificate of analysis**

**Brief Method Summaries**

| Analytical Methods  | Method Descriptions   |
|---|---|
| <i>Location of test performance: Bendlova 1687/7 Ceska Lipa Czech Republic 470 01</i>         |   |
| W-PHI-PHO   | CZ_SOP_D06_07_030 (CSN ISO 6439) Determination of phenol index by spectrophotometry.  |
| <i>Location of test performance: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00</i> |   |
| W-CL-IC   | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-DOC-IR  | CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).   |
| W-F-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-HG-AFSFX  | CZ_SOP_D06_02_096 (US EPA 245.7, US EPA 1631, CSN EN ISO 17852, CSN EN 13370 samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2.) Determination of Mercury by Fluorescence Spectrometry. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-METMSFX1  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-METMSFX2  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-SO4-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-TPHFID01  | CZ_SOP_D06_03_151 (CSN EN ISO 9377-2, Z1) Determination of extractable compounds in the range of hydrocarbons C5 - C50, their fractions calculated from the measured values by gas chromatography method with FID detection                                     |

A '\*' symbol preceding any method indicates non-accredited test. In the case when a procedure belonging to an accredited method was used for non-accredited matrix, would apply that the reported results are non-accredited. Please refer to General Comment section on front page for information.

The calculation methods of summation parameters are available on request in the client service.





## CERTIFICATE OF ANALYSIS

|              |   |              |   |
|--------------|---|--------------|---|
| Work Order   | : PR1304031   | Issue Date   | : 08-FEB-2013   |
| Client       | : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.                       | Laboratory   | : ALS Czech Republic, s.r.o.                                  |
| Contact      | : Mr. Antonio Roque   | Contact      | : Client Service  |
| Address      | : Ambigroup<br>Edificio Alem, EN 115 - km 65.2<br>Arranho Portugal 2630-058 | Address      | : Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany<br>Czech Republic 190 00 |
| E-mail       | : aroque@lnec.pt  | E-mail       | : customer.support@alsglobal.com                              |
| Telephone    | : ----  | Telephone    | : +420 226 226 228  |
| Facsimile    | : ----  | Facsimile    | : +420 284 081 635  |
| Project      | : Lisimetros LNEC   | Page         | : 1 of 2  |
| Order number | : N° 129/2012   | Date Samples | : 05-FEB-2013   |
| C-O-C number | : ----  | Received     |   |
| Site         | : ----  | Quote number | : PR2012DEMDE-PT0001<br>(PT-300-12-1022)                      |
| Sampled by   | : client  | Date of test | : 05-FEB-2013 - 07-FEB-2013                                   |
|              |   | QC Level     | : ALS CR Standard Quality Control<br>Schedule                 |

### General Comments

This report shall not be reproduced except in full, without prior written approval from the laboratory.  
The laboratory declares that the test results relate only to the listed samples.

### Responsible for accuracy

Signatories  
Zdenek Jirak

Position  
Prague Laboratory Manager



Testing Laboratory  
Accredited by CAI



L 1163

ALS Czech Republic, s.r.o.  
Part of the ALS Laboratory Group  
Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00  
Tel. +420 226 226 228 Fax. +420 284 081 635

Environmental

[www.alsglobal.com](http://www.alsglobal.com)

RIGHT SOLUTIONS RIGHT PARTNER

Issue Date : 08-FEB-2013  
 Page : 2 of 2  
 Work Order : PR1304031  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



## Analytical Results

| Sub-Matrix: WATER                       |            |      |      | Client sample ID            |         | 70ABGE+30BET-F_L  |         | --- |     |
|---|------------|------|------|-----------------------------|---------|-------------------|---------|-----|-----|
|   |            |      |      | Laboratory sample ID        |         | L5                |         | --- |     |
|   |            |      |      | Client sampling date / time |         | 05-FEB-2013 00:00 |         | --- |     |
| Parameter                               | Method     | LOR  | Unit | Result                      | MU      | Result            | MU      | --- | --- |
| <b>Aggregate Parameters</b>             |            |      |      |                             |         |                   |         |     |     |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 0.50 | mg/L | 5.15                        | ±20.0 % | 1.72              | ±20.0 % | --- | --- |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |      |      |                             |         |                   |         |     |     |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 1.00 | mg/L | 8.19                        | ±20.0 % | 4.12              | ±20.0 % | --- | --- |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 5.00 | mg/L | 45.0                        | ±15.0 % | 8.50              | ±15.0 % | --- | --- |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |      |      |                             |         |                   |         |     |     |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 1.0  | µg/L | 18.4                        | ±10.0 % | 10.8              | ±10.0 % | --- | --- |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 1.0  | µg/L | 1.6                         | ±10.0 % | <1.0              | ---     | --- | --- |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 1.0  | µg/L | <1.0                        | ---     | <1.0              | ---     | --- | --- |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 1.0  | µg/L | 3.0                         | ±10.0 % | 1.4               | ±10.0 % | --- | --- |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 2.0  | µg/L | <2.0                        | ---     | <2.0              | ---     | --- | --- |

If the client does not specify the date and time of sample collection, the laboratory will specify the date on sample delivery in parentheses, instead. If the time of sample collection is specified as 0:00 it means that the client did specify the date but not the time. Measurement uncertainty is expressed as expanded measurement uncertainty with coverage factor  $k = 2$ , representing 95% confidence level.

Key: LOR = Limit of reporting; MU = Measurement Uncertainty

## The end of result part of the certificate of analysis

### Brief Method Summaries

| Analytical Methods   | Method Descriptions   |
|--|---|
| Location of test performance: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00 |   |
| W-CL-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-DOC-IR   | CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).   |
| W-METMSFX1   | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-METMSFX2   | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. |
| W-SO4-IC   | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |

A \*\* symbol preceding any method indicates non-accredited test. In the case when a procedure belonging to an accredited method was used for non-accredited matrix, would apply that the reported results are non-accredited. Please refer to General Comment section on front page for information.

The calculation methods of summation parameters are available on request in the client service.



## CERTIFICATE OF ANALYSIS

|              |   |              |   |
|--------------|---|--------------|---|
| Work Order   | : PR1310105   | Issue Date   | : 20-MAR-2013   |
| Client       | : DEMOTRI - DEMOLICOES,<br>RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.                    | Laboratory   | : ALS Czech Republic, s.r.o.                                  |
| Contact      | : Mr. Antonio Roque   | Contact      | : Client Service  |
| Address      | : Ambigroup<br>Edificio Alem, EN 115 - km 65.2<br>Arranho Portugal 2630-058 | Address      | : Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany<br>Czech Republic 190 00 |
| E-mail       | : aroque@lnec.pt  | E-mail       | : customer.support@alsglobal.com                              |
| Telephone    | : ----  | Telephone    | : +420 226 226 228  |
| Facsimile    | : ----  | Facsimile    | : +420 284 081 635  |
| Project      | : Lisimetros LNEC   | Page         | : 1 of 2  |
| Order number | : N° 129/2012   | Date Samples | : 15-MAR-2013   |
| C-O-C number | : ----  | Received     |   |
| Site         | : ----  | Quote number | : PR2012DEMDE-PT0001<br>(PT-300-12-1022)                      |
| Sampled by   | : client  | Date of test | : 15-MAR-2013 - 19-MAR-2013                                   |
|              |   | QC Level     | : ALS CR Standard Quality Control<br>Schedule                 |

### General Comments

This report shall not be reproduced except in full, without prior written approval from the laboratory.  
The laboratory declares that the test results relate only to the listed samples.

### Responsible for accuracy

Signatories  
Zdenek Jirak

Position  
Prague Laboratory Manager



Testing Laboratory  
Accredited by CAI



L 1163

ALS Czech Republic, s.r.o.

Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00

Environmental

[www.alsglobal.eu](http://www.alsglobal.eu)

RIGHT SOLUTIONS RIGHT PARTNER

Issue Date : 20-MAR-2013  
 Page : 2 of 2  
 Work Order : PR1310105  
 Client : DEMOTRI - DEMOLICOES, RECICLAGEM E CONSTRUCAO, S.A.



## Analytical Results

| Sub-Matrix: WATER                       |            |      |      | Client sample ID            |         | B_LL5             |         | BM_LL5            |         | ABGE_LL5          |  |
|---|------------|------|------|-----------------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|--|
|   |            |      |      | Laboratory sample ID        |         | PR1310105001      |         | PR1310105002      |         | PR1310105003      |  |
|   |            |      |      | Client sampling date / time |         | 15-MAR-2013 00:00 |         | 15-MAR-2013 00:00 |         | 15-MAR-2013 00:00 |  |
| Parameter                               | Method     | LOR  | Unit | Result                      | MU      | Result            | MU      | Result            | MU      |                   |  |
| <b>Aggregate Parameters</b>             |            |      |      |                             |         |                   |         |                   |         |                   |  |
| Dissolved Organic Carbon                | W-DOC-IR   | 0.50 | mg/L | 1.84                        | ±20.0 % | 2.39              | ±20.0 % | 1.92              | ±20.0 % |                   |  |
| <b>Nonmetallic Inorganic Parameters</b> |            |      |      |                             |         |                   |         |                   |         |                   |  |
| Chloride                                | W-CL-IC    | 1.00 | mg/L | 14.7                        | ±20.0 % | 12.4              | ±20.0 % | 8.51              | ±20.0 % |                   |  |
| Sulphate as SO4 2-                      | W-SO4-IC   | 5.00 | mg/L | 105                         | ±15.0 % | 131               | ±15.0 % | 21.9              | ±15.0 % |                   |  |
| <b>Total Metals / Major Cations</b>     |            |      |      |                             |         |                   |         |                   |         |                   |  |
| Antimony                                | W-METMSFX1 | 1.0  | µg/L | 2.8                         | ±10.0 % | <1.0              | ----    | <1.0              | ----    |                   |  |
| Arsenic                                 | W-METMSFX1 | 1.0  | µg/L | 1.8                         | ±10.0 % | <1.0              | ----    | <1.0              | ----    |                   |  |
| Barium                                  | W-METMSFX2 | 1.0  | µg/L | 37.8                        | ±10.0 % | 34.4              | ±10.0 % | 12.4              | ±10.0 % |                   |  |
| Cadmium                                 | W-METMSFX1 | 0.50 | µg/L | <0.50                       | ----    | <0.50             | ----    | <0.50             | ----    |                   |  |
| Chromium                                | W-METMSFX1 | 5.0  | µg/L | 27.4                        | ±10.0 % | 24.8              | ±10.0 % | <5.0              | ----    |                   |  |
| Copper                                  | W-METMSFX2 | 1.0  | µg/L | <1.0                        | ----    | <1.0              | ----    | ----              | ----    |                   |  |
| Lead                                    | W-METMSFX1 | 1.0  | µg/L | <1.0                        | ----    | <1.0              | ----    | <1.0              | ----    |                   |  |
| Molybdenum                              | W-METMSFX1 | 1.0  | µg/L | 8.1                         | ±10.0 % | 6.6               | ±10.0 % | 2.6               | ±10.0 % |                   |  |
| Nickel                                  | W-METMSFX1 | 3.0  | µg/L | <3.0                        | ----    | <3.0              | ----    | <3.0              | ----    |                   |  |
| Selenium                                | W-METMSFX1 | 5.0  | µg/L | <5.0                        | ----    | <5.0              | ----    | <5.0              | ----    |                   |  |
| Zinc                                    | W-METMSFX2 | 2.0  | µg/L | ----                        | ----    | <2.0              | ----    | 9.1               | ±10.0 % |                   |  |

If the client does not specify the date and time of sample collection, the laboratory will specify the date on sample delivery in parentheses, instead. If the time of sample collection is specified as 0:00 it means that the client did specify the date but not the time. Measurement uncertainty is expressed as expanded measurement uncertainty with coverage factor  $k = 2$ , representing 95% confidence level.

Key: LOR = Limit of reporting; MU = Measurement Uncertainty

### The end of result part of the certificate of analysis

#### Brief Method Summaries

| Analytical Methods  | Method Descriptions   |
|---|---|
| <i>Location of test performance: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00</i> |   |
| W-CL-IC   | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |
| W-DOC-IR  | CZ_SOP_D06_02_056 Determination of total organic carbon (TOC) and dissolved organic carbon (DOC) in water (based on CSN EN 1484).   |
| W-METMSFX1  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, US EPA 6020, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_002 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. The flexible accreditation of type 2 is used from 21.2.2013. The norm US EPA 6020 was added. |
| W-METMSFX2  | CZ_SOP_D06_02_002 (US EPA 200.8, US EPA 6020, CSN EN ISO 17294-2, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_002 chap. 10.1 and 10.2) Determination of elements by mass spectrometry with inductively coupled plasma. Sample was fixed by nitric acid addition prior to analysis. The flexible accreditation of type 2 is used from 21.2.2013. The norm US EPA 6020 was added. |
| W-SO4-IC  | CZ_SOP_D06_02_068 Determination of dissolved fluoride, chloride, bromide, nitrite, nitrate and sulphate ions in water matrix by liquid chromatography of ions (based on CSN EN ISO 10304-1).  |

A \*\* symbol preceding any method indicates non-accredited test. In the case when a procedure belonging to an accredited method was used for non-accredited matrix, would apply that the reported results are non-accredited. Please refer to General Comment section on front page for information.

The calculation methods of summation parameters are available on request in the client service.

