



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES  
Núcleo de Infraestruturas de Transportes

Proc. 0111/070/48  
Proc. 0702/553/419

# **ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DE MISTURAS BETUMINOSAS PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS**

**Relatório do curso realizado em São Tomé e Príncipe  
de 22 a 25 de outubro de 2012**

Curso realizado a pedido do Camões – Instituto  
da Cooperação e da Língua, I.P.

Lisboa • março de 2013

**OAC&T TRANSPORTES**

**RELATÓRIO 255/2013 – DT/NIT**



**ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DE MISTURAS  
BETUMINOSAS PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS**

**RELATÓRIO DO CURSO REALIZADO EM SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE  
DE 22 A 25 DE OUTUBRO DE 2012**

**TESTS FOR LABORATORY CHARACTERIZATION OF BITUMINOUS MIXTURES  
FOR ROAD AND AIRFIELD PAVEMENTS**

**REPORT OF THE COURSE HELD IN SÃO TOMÉ AND PRÍNCIPE  
FROM 22<sup>TH</sup> TO 25<sup>TH</sup> OF OCTOBER 2012**

**ESSAIS POUR LA CARACTÉRISATION EN LABORATOIRE DE MÉLANGES  
BITUMINEUX POUR CHAUSSÉES ROUTIÈRES ET AÉROPORTUAIRES**

**RAPPORT SUR LE COURS RÉALISÉ A SÃO TOMÉ ET PRÍNCIPE  
DU 22 AU 25 OCTOBRE 2012**



# ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DE MISTURAS BETUMINOSAS PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS

RELATÓRIO DO CURSO REALIZADO EM SÃO TOMÉ E PRÍNCIPE  
DE 22 A 25 DE OUTUBRO DE 2012

## ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	CURSO SOBRE “ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DE MISTURAS BETUMINOSAS PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS” .....	1
2.1	Objetivo .....	1
2.2	Programa .....	2
2.3	Divulgação .....	4
2.4	Participação .....	5
3	INSTALAÇÕES LABORATORIAIS DO LECSTP .....	8
3.1	Breve descrição dos equipamentos de ensaio de misturas betuminosas e seus materiais constituintes .....	8
3.2	Levantamento de necessidades e propostas de melhorias .....	10
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Folheto sobre o curso.....	4
Figura 2 – Aula prática sobre o ensaio para a determinação da temperatura de amolecimento pelo método de anel e bola de um betume de pavimentação .....	5
Figura 3 – Aula prática sobre o ensaio para a determinação da penetração de um betume de pavimentação.....	6

<b>Figura 4 – Aula prática sobre o ensaio para determinação da adesividade betume-agregado.....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 5 – Aula prática sobre o ensaio para a determinação da baridade máxima teórica de uma mistura betuminosa .....</b>	<b>7</b>
<b>Figura 6 – Aula prática sobre o ensaio Marshall realizado sobre um provete em mistura betuminosa.....</b>	<b>8</b>

## ÍNDICE DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Equipamentos de ensaio do LECSTP .....</b>	<b>9</b>
--	----------

No âmbito do Convénio entre o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P. (LNEC) e os Laboratórios de Engenharia dos Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa (PALOP), realizou-se na cidade de São Tomé, na República Democrática de São Tomé e Príncipe, entre 22 e 25 de Outubro de 2012, um curso subordinado ao tema “Ensaaios para Caracterização Laboratorial de Misturas Betuminosas para Pavimentos Rodoviários e Aeroportuários”.

O curso, de cariz teórico-prático, realizou-se nas instalações do Laboratório de Engenharia Civil de São Tomé e Príncipe (LECSTP), e foi lecionado pela Investigadora Auxiliar (IA) Fátima Alexandra Barata Antunes Batista – que também assegurou a coordenação do mesmo – e pelo Assistente Técnico Nuno Manuel Aires Nunes do LNEC. Este curso contou ainda com o apoio financeiro do ex-Instituto Português de Apoio ao Desenvolvimento (IPAD), que atualmente se encontra integrado, por fusão com o ex-Instituto Camões (IC), no Camões – Instituto da Cooperação e da Língua.

Durante a realização do curso, em especial durante a docência das aulas práticas, os signatários tiveram oportunidade de conhecer com mais detalhe as instalações laboratoriais do LECSTP na área das infraestruturas de transporte, por forma a procederem a um levantamento do equipamento existente, e das necessidades de novos equipamentos.

Neste relatório apresenta-se uma descrição do curso lecionado, bem como uma breve apreciação das instalações laboratoriais na área das infraestruturas de transporte.

## 2 | CURSO SOBRE “ENSAIOS PARA CARACTERIZAÇÃO LABORATORIAL DE MISTURAS BETUMINOSAS PARA PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E AEROPORTUÁRIOS”

---

### 2.1 Objetivo

Em São Tomé e Príncipe, apesar da construção de pavimentos com recurso a camadas em misturas betuminosas ainda representar uma parcela reduzida do total de estradas construídas ou reabilitadas, esta tem vindo a aumentar significativamente durante os últimos anos. De facto, durante a missão em apreço, os signatários tiveram oportunidade de verificar que, quer na ilha do São Tomé, quer na ilha do Príncipe, diversas estradas principais estavam a ser reabilitadas ou tinham sido reabilitadas recentemente com recurso a materiais betuminosos.

Neste contexto, foi considerada oportuna a realização do presente curso de formação, não só por forma a reforçar a capacidade de intervenção do LECSTP em diferentes fases de construção de camadas em misturas betuminosas (p. ex. estudos de formulação das misturas, controlo de qualidade das camadas), mas também a melhorar e consolidar as práticas laboratoriais na realização dos ensaios, nomeadamente através do aumento da qualificação dos recursos humanos e da sua capacidade de organização.

De acordo com o exposto, o curso teve como principal objetivo transmitir conhecimentos especializados no domínio dos ensaios laboratoriais para caracterização de misturas betuminosas e seus materiais constituintes, tendo por base a utilização de normas de ensaio atuais (principalmente, normas europeias).

Por forma a concretizar este objetivo, o curso compreendeu, para além de uma parte teórica de exposição das matérias, uma parte prática onde foi exemplificada, no próprio laboratório, a realização de diversos ensaios laboratoriais de caracterização de misturas betuminosas e dos seus materiais constituintes (agregados e ligantes betuminosos).

## **2.2 Programa**

O curso decorreu em quatro manhãs, do dia 22 ao dia 25 de Julho de 2012.

Tendo em atenção a duração do curso e os objetivos do mesmo, foi estabelecida a seguinte programação:

### **1. INTRODUÇÃO**

#### **1.1. Pavimentos rodoviários e aeroportuários**

1.1.1. Pavimentos com misturas betuminosas

1.1.2. Principais mecanismos de degradação de pavimentos flexíveis e semirrígidos associados às misturas betuminosas

#### **1.2. Misturas betuminosas – Principais constituintes e principais características exigidas**

1.2.1. Principais constituintes de uma mistura betuminosa

1.2.2. Composição de uma mistura betuminosa

1.2.3. Características das misturas betuminosas

1.2.4. Exigências de qualidade de misturas betuminosas

## **2. REGRAS GERAIS SOBRE TRABALHO LABORATORIAL**

### **2.1. Laboratório de ensaios**

2.1.1. Instalação do laboratório

2.1.2. Segurança no trabalho laboratorial

2.1.3. Manutenção do laboratório

### **2.2. Equipamentos de ensaio – manutenção, calibração e/ou verificação**

### **2.3. Princípios de amostragem e preparação de amostras para ensaio**

### **2.4. Normas e métodos de ensaio**

2.4.1. Aplicação de uma norma ou método de ensaio

2.4.2. Validação de métodos de ensaio

2.4.3. Registo dos resultados dos ensaios

### **2.5. Rastreabilidade dos ensaios em laboratório**

## **3. ENSAIOS LABORATORIAIS PARA CARACTERIZAÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS E SEUS CONSTITUINTES**

### **3.1. Requisitos para as misturas betuminosas fabricadas a quente do grupo do betão betuminoso**

### **3.2. Misturas betuminosas fabricadas a quente e seus materiais constituintes – normas de ensaio; registo e apresentação de resultados**

3.2.1. Agregados: Principais características e ensaios de caracterização

3.2.2. Ligantes betuminosos: Principais características e ensaios de caracterização

3.2.3. Misturas betuminosas: Principais características e ensaios de caracterização; Formulação das misturas betuminosas a quente

Os formandos tiveram acesso à documentação sobre as matérias lecionadas, que foi fornecida em suporte informático.

## 2.3 Divulgação

Previamente à realização do curso, foi realizado no LNEC, sob coordenação da IA Fátima Batista, um folheto contendo a informação principal do mesmo (Figura 1).

O folheto elaborado foi enviado ao LECSTP, para informação complementar sobre o curso e para sua eventual divulgação.



**CURSO TEÓRICO-PRÁTICO**  
Ensaio para caracterização laboratorial de misturas betuminosas para pavimentos rodoviários e aeroportuários

**OBJETIVOS**  
O curso destina-se a dar formação especializada no domínio dos ensaios laboratoriais para caracterização de misturas betuminosas e seus materiais constituintes, tendo por base a utilização de normas de ensaio atuais.  
No final do curso, de vertente teórico-prática, os formandos deverão estar sensibilizados para as práticas laboratoriais a utilizar na caracterização de materiais de pavimentação, e estar habilitados para a sua correta implementação no estudo de misturas betuminosas.

**METODOLOGIA**  
Exposição teórica acompanhada de exemplificações práticas realizadas no LECSTP.

**ESTRUTURA DO CURSO**  
O curso decorrerá ao longo de 4 dias úteis, das 8h30 às 13h00, com um breve intervalo a meio, durante o qual se fará a transição da parte teórica para a parte prática.

**CONTEÚDO PROGRAMÁTICO**

1. Misturas betuminosas – Principais constituintes e principais características exigidas
2. Regras gerais sobre trabalho laboratorial
3. Ensaio laboratorial para caracterização de misturas betuminosas e seus constituintes – Normas de ensaio; Registo e apresentação de resultados

**FORMADORES**

<b>Fátima Batista</b>	Investigadora Auxiliar do Núcleo de Infraestruturas Rodoviárias e Aeroportuárias do LNEC
<b>Nuno Nunes</b>	Assistente Técnico do Núcleo de Infraestruturas Rodoviárias e Aeroportuárias do LNEC

The bottom section of the flyer contains two photographs. The left one shows several cylindrical asphalt samples in a tray. The right one shows laboratory equipment, including a sieve and a testing apparatus.

Figura 1 – Folheto sobre o curso

## 2.4 Participação

Atendendo aos objetivos do curso, a Direção do LECSTP entendeu que o mesmo seria unicamente dirigido aos seus recursos humanos, em especial aos afetos à área das infraestruturas de transporte. O conjunto dos formandos abrangia um leque relativamente diversificado em termos de formação de base e de funções no próprio LECSTP, tendo-se procurado adaptar a forma de exposição das matérias lecionadas a esta realidade.

A parte teórica do curso foi ministrada numa sala do LECSTP devidamente preparada para o efeito. Já a parte prática do mesmo decorreu nas salas de ensaio do Laboratório, tal como se retrata nas Figuras 2 a 6.



**Figura 2 – Aula prática sobre o ensaio para a determinação da temperatura de amolecimento pelo método de anel e bola de um betume de pavimentação**



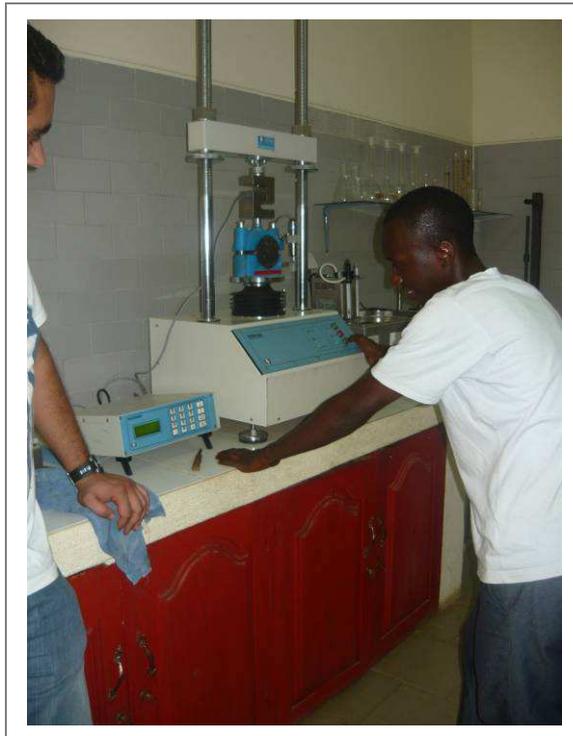
**Figura 3 – Aula prática sobre o ensaio para a determinação da penetração de um betume de pavimentação**



**Figura 4 – Aula prática sobre o ensaio para determinação da adesividade betume-agregado**



**Figura 5 – Aula prática sobre o ensaio para a determinação da baridade máxima teórica de uma mistura betuminosa**



**Figura 6 – Aula prática sobre o ensaio Marshall realizado sobre um provete de mistura betuminosa**

### **3 | INSTALAÇÕES LABORATORIAIS DO LECSTP**

---

#### **3.1 Breve descrição dos equipamentos de ensaio de misturas betuminosas e seus materiais constituintes**

Conforme foi já referido, durante a realização do curso, em especial durante a docência das aulas práticas, os signatários tiveram oportunidade de conhecer com mais detalhe as instalações laboratoriais do LECSTP na área das infraestruturas de transporte.

Neste âmbito, apresenta-se no Quadro 1 um levantamento dos principais equipamentos de ensaio existentes, e o estado daqueles em que foi possível proceder a uma avaliação do seu funcionamento.

**Quadro 1 – Equipamentos de ensaio do LECSTP**

<b>Material para ensaio</b>	<b>Equipamento de ensaio</b>	<b>Observações</b>
<b>Agregados</b>	Peneiros de ensaio EN com dimensão nominal da abertura de: 4 mm; 5,6 mm; 6,3 mm; 8 mm; 10 mm; 11,2 mm; 12,5 mm; 14 mm; 16 mm; 20 mm; 22,4 mm; 31,5 mm e 63 mm.	A série de peneiros EN existente não se encontra completa, assinalando-se na secção seguinte os peneiros em falta.
	Peneiros de ensaio ASTM	(*)
	Tambor rotativo para o ensaio de determinação da resistência à fragmentação pelo método de Los Angeles	(*)
	Equipamento para o ensaio de determinação do Equivalente de Areia	(*)
	Equipamento para o ensaio de determinação do Azul de Metileno	(*)
<b>Ligantes betuminosos</b>	Equipamento para o ensaio de determinação da penetração de um betume (penetrómetro)	Não existe sistema para colocação e manutenção da temperatura da água a 25°C.
	Equipamento para o ensaio de determinação da temperatura de amolecimento de um betume, pelo método de anel e bola	Não existe sistema para colocação da temperatura da água a 5 °C e que garanta o aquecimento gradual da água, à taxa uniforme de 5 °C/min.
<b>Misturas betuminosas</b>	Misturadora para o fabrico de misturas betuminosas	-
	Compactador Marshall	O compactador não tem contagem do número de pancadas aplicadas. O compactador não está de acordo com a norma europeia.
	Prensa e estabilómetro para a realização do ensaio Marshall	Falta <i>software</i> para realização do ensaio segundo a norma europeia.
	Picnómetro e bomba de vácuo, para o ensaio de determinação da Baridade Máxima Teórica de uma mistura betuminosa	O picnómetro de vácuo não veda bem, inviabilizando desta forma a correta execução do ensaio. A bomba de vácuo não tem sistema para a regulação da pressão a aplicar.
	Centrifuga para determinação da percentagem de betume por centrifugação	(**)
	Incineradora para determinação da percentagem de betume por incineração	-
<b>Diverso</b>	Balanças (de diversas capacidades e resoluções)	-
	Estufas	-
	Paquímetro digital	Anota-se que este paquímetro não estava a funcionar por falta de pilha. No entanto, após ter sido fornecida uma, verificou-se que funcionava.

(\*) Devido a constrangimentos de tempo, não foi possível avaliar o estado dos equipamentos assinalados;

(\*\*) Não foi possível avaliar o estado do equipamento, pois não havia solvente (tolueno) necessário para a realização do ensaio.

### 3.2 Levantamento de necessidades e propostas de melhorias

Durante a verificação dos equipamentos existentes no LECSTP na área das infraestruturas de transportes, em particular, para ensaios de caracterização de misturas betuminosas e seus materiais constituintes (agregados e ligantes betuminosos), detetou-se uma série de falhas de equipamento, ou porque não existem no Laboratório, ou porque, existindo, se encontram com funcionamento deficiente.

Acresce que, para além de alguma falta de equipamento ou de reparação dos mesmos, detetaram-se também outro tipo de falhas importantes relacionadas com o funcionamento do Laboratório, tais como:

- Falta de consumíveis, como seja, solvente de materiais betuminosos (tolueno) necessário não só para a execução de alguns ensaios (p. ex. determinação da percentagem de betume por centrifugação), como também para a limpeza e manutenção de diversos utensílios (p. ex. moldes de compactação, tabuleiros, agulhas de penetração, anel e bola, etc.) utilizados durante a realização dos ensaios.
- Falta de câmaras/sala de ensaios com temperatura condicionada, com capacidade de arrefecimento, uma vez que alguns ensaios/partes de ensaios só podem ser realizados a temperatura controlada, e por vezes inferior à que ocorre normalmente em São Tomé e Príncipe.
- Falta de banhos de água termostaticamente controlados, com capacidade de arrefecimento/condicionamento da água (5 l a 10 l) a temperaturas entre os 5 °C e 25 °C, uma vez que existe um número significativo de ensaios de exigem a imersão de provetes de ensaio em água a determinada temperatura controlada.
- Inexistência de sistema adequado de ventilação/exaustão em locais de emissão de substâncias nocivas (p. ex. tolueno). Neste sentido, recomenda-se que sejam definidos locais específicos para: (a) colocação da centrifugadora para extração, por centrifugação, de betume de uma mistura betuminosa com solvente; (b) colocação da centrifugadora de tubos para clarificação (limpeza de finos) da solução de betume resultante da extração por centrifugação (c) colocação de rotavapor para recuperação de betume de uma solução extraída da centrífuga; (d) limpeza de utensílios utilizados no manuseamento de materiais betuminosos. Nos locais referidos deverão ser instaladas *hottes* para extração das emissões produzidas (vapores do tolueno).
- Falta de equipamento de proteção individual, nomeadamente, máscaras de proteção conjunta dos olhos e das vias respiratórias (para evitar contacto e inalação de vapores agressivos, tais como, os do tolueno), máscaras de proteção das vias respiratórias (para evitar inalar pós produzidos durante o manuseamento de agregados), e luvas (essencialmente para proteção de queimaduras).

Nas subsecções que se seguem faz-se um levantamento das principais necessidades observadas para cada um dos principais ensaios de caracterização de misturas betuminosas e dos seus materiais constituintes (agregados e betume), utilizando as atuais normas europeias.

### 3.2.1 Ensaios para caracterização dos agregados

#### Ensaios das propriedades geométricas dos agregados

- Determinação da **distribuição granulométrica**, de acordo com as normas EN 933-1 e EN 933-2:
  - Faltam os peneiros com dimensão nominal da abertura de: 0,063 mm (2 peneiros); 0,125 mm; 0,250 mm; 0,500 mm; 1 mm; 2 mm e 40 mm.

Anota-se que este ensaio foi realizado no âmbito do curso (utilizando a série de peneiros ASTM), tendo-se procedido a uma correção do procedimento de ensaio que estava a ser usado (não estava a ser considerada a massa de material fino lavado no peneiro de 0,075 mm, o que deve ser feito).
- Determinação da forma das partículas – **Índice de achatamento**, de acordo com a norma EN 933-3:
  - Faltam peneiros de barras.
- Determinação da forma das partículas – **Índice de forma**, de acordo com a norma EN 933-4:
  - Apesar do Laboratório ter um paquímetro que pode ser utilizado, seria desejável que existisse também um paquímetro específico para a realização deste ensaio, tal como é aliás recomendado na norma de ensaio.
- Determinação do teor de finos – **Ensaio do equivalente de areia**, de acordo com a norma EN 933-8:
  - O laboratório tem o equipamento para o efeito. No entanto, verificou-se que o depósito da solução do equivalente de areia não se encontrava corretamente instalado (a sua altura deve ser corrigida para 1 metro).
- Avaliação dos finos – **Ensaio do azul de metileno**, de acordo com a norma EN 933-9:
  - O laboratório tem o equipamento para o efeito, não tendo sido possível, no entanto, proceder à avaliação do seu estado.

### **Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados**

- Determinação da **resistência à fragmentação pelo método de Los Angeles**, de acordo com a norma EN 1097-2:
  - O laboratório tem o equipamento para o efeito, não tendo sido possível, no entanto, proceder à avaliação do seu estado.

### **3.2.2 Ensaio para caracterização de betumes e ligantes betuminosos**

#### **Ensaio das propriedades dos betumes**

- Determinação da **penetração** com agulha, de acordo com a norma EN 1426:
  - O Laboratório tem o penetrómetro e agulha de penetração para a realização do ensaio;
  - Falta banho de água com capacidade de manter a temperatura de ensaio a 25° C.
- Determinação da **temperatura de amolecimento pelo método do Anel e Bola**, de acordo com a norma EN 1427:
  - O Laboratório tem o aparelho de anel e bola, incluindo anéis, bolas, placa de suporte para enchimento dos anéis, guias de centragem das bolas e porta-anéis;
  - O Laboratório tem termómetros;
  - Falta banho de água com capacidade de manter (e arrefecer) a água a uma temperatura de 5 °C. Anota-se, no entanto, que o equipamento está equipado com sistema de controlo de subida gradual da temperatura (a uma taxa uniforme de 5 °C/min.) para a realização do ensaio.

### **3.2.3 Ensaio para caracterização de misturas betuminosas**

#### **Ensaio de misturas betuminosas a quente**

- Determinação da **percentagem de ligante betuminoso** solúvel por centrifugação, de acordo com a norma EN 12697-1:
  - O laboratório tem centrífuga (com cuba) para a extração do betume por centrifugação;
  - Falta sistema de extração (*hotte*) no local de instalação da centrífuga;

- Falta solvente (tolueno).
- **Recuperação de betume** – Evaporador rotativo, de acordo com a norma EN 12697-3:
  - Falta centrifugadora de tubos (4 tubos) com capacidade individual de 500ml;
  - Falta equipamento de destilação tipo rotavapor (evaporador rotativo);
  - Falta sistema de extração (*hotte*) no local de instalação do rotavapor.
- Determinação da **baridade máxima teórica** pelo método volumétrico, de acordo com a norma EN 12697-5:
  - Falta sistema de vácuo (bomba e manómetro), com capacidade de instalação de pressão residual no recipiente de vácuo de 4 kPa;
  - Falta picnómetro de vácuo, pois o atual já não se encontra em condições;
  - Falta mesa vibratória ou outro dispositivo para agitação do picnómetro de vácuo.
- Determinação da **baridade** de provetes betuminosos pelo método hidrostático (proвете saturado com a superfície seca), de acordo com a norma EN 12697-6:
  - O Laboratório tem balança com dispositivo para pesagem de provete imerso em água.
- Determinação da **afinidade entre o agregado e o betume** pelo método estático, de acordo com a norma EN 12697-11:
  - O Laboratório tem estufas, tabuleiros e outros utensílios;
  - Falta sistema de manutenção de água destilada à temperatura controlada de 19° C.
- Determinação da **sensibilidade à água** de provetes betuminosos em ensaios de tração indireta, de acordo com a norma EN 12697-12:
  - Falta sistema de vácuo (bomba e manómetro), com capacidade de instalação de pressão residual no recipiente de vácuo de 6,7 kPa (pode ser o mesmo sistema de vácuo que o referido para o ensaio de determinação da baridade máxima teórica de uma mistura betuminosa);
  - Falta picnómetro de vácuo, pois o atual já não se encontra em condições (pode ser o mesmo picnómetro que o referido para o ensaio de determinação da baridade máxima teórica de uma mistura betuminosa);
  - O Laboratório tem banho de água termostaticamente controlado, com capacidade para aquecimento da água a 40 °C).

- Falta câmara de ar termostaticamente controlada, ou, em alternativa, sistema de manutenção de água a temperatura controlada, capazes de manter uma temperatura de ensaio de 15°C e de 25°C;
- O Laboratório tem paquímetro digital para a medição dos provetes;
- O Laboratório tem prensa de compressão, mas por vezes apresenta deficiente funcionamento;
- Faltam “barras” para aplicação da compressão diametral.
- **Determinação das dimensões dos provetes betuminosos**, de acordo com a norma EN 12697-29:
  - O Laboratório tem paquímetro digital para a medição dos provetes.
- **Preparação de provetes por compactador de impacto**, de acordo com a norma EN 12697-30:
  - Falta compactador de impacto de acordo com a norma europeia. Anota-se que o Laboratório tem um compactador de impacto (supostamente cumprindo a norma ASTM D 1559), mas que se encontra com deficiências de funcionamento, nomeadamente, em termos do contador de pancadas. Recomenda-se por isso a reparação do contador de pancadas do equipamento compactador Marshall, pois facilmente induz em erro;
  - O Laboratório tem moldes de compactação;
  - O Laboratório tem estufas para aquecimento dos materiais;
  - Faltam colheres tipo jardineiro, com isolamento no cabo, para trabalhar materiais a temperaturas elevadas.
- **Ensaio Marshall**, de acordo com a norma EN 12697-34:
  - O Laboratório tem prensa de compressão, mas por vezes apresenta deficiente funcionamento. Recomenda-se, por isso, a sua verificação e, se necessária, a sua reparação;
  - O Laboratório tem estabilómetro Marshall;
  - Faltam dispositivos de medição de deformação e traçador de gráficos para a curva carga/deformação;
  - O Laboratório tem banho de água, capaz de manter a água a uma temperatura constante de 60 °C.

- **Fabrico de misturas betuminosas em laboratório**, de acordo com a norma EN 12697-35:
  - O Laboratório tem misturadora;
  - Faltam colheres tipo jardineiro, com isolamento no cabo, para trabalhar materiais a temperaturas elevadas.
- Determinação da **percentagem em ligante por incineração**, de acordo com a norma EN 12697-39:
  - O Laboratório tem mufla;
  - Falta equipamento de segurança, incluindo óculos de segurança ou máscara protetora e luvas de proteção para temperaturas elevadas.

#### **3.2.4 Ensaios para determinação das características superficiais de pavimentos com camadas de desgaste em mistura betuminosa**

- Medição da **profundidade da macrotextura da superfície do pavimento através da técnica volumétrica da mancha**, de acordo com a norma EN 13036-1:
  - Falta o material (esferas de vidro), ou em alternativa ao ensaio segundo a norma europeia, pode-se utilizar uma areia calibrada;
  - Falta equipamento composto por: cilindro calibrado, disco espalhador, régua graduada (ou paquímetro).
- Medição da **resistência à derrapagem de uma superfície, pelo método do pêndulo** (medição do coeficiente de atrito pontual), de acordo com a norma EN 13036-4:
  - Falta "Pêndulo britânico".

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se que o curso correu de forma satisfatória, tendo-se verificado uma participação ativa dos formandos no decurso quer das aulas teóricas quer das aulas práticas, nomeadamente através da formulação de questões relacionadas com as matérias lecionadas.

No que concerne às instalações laboratoriais do LECSTP, considera-se que a aquisição de novos equipamentos e reparação de outros existentes, poderá tornar as instalações laboratoriais do LECSTP suficientemente equipadas para a realização dos principais ensaios de caracterização de misturas betuminosas e seus materiais constituintes. Por outro lado, para a correta realização dos ensaios, torna-se também necessário proceder à aquisição, de forma regular, de alguns consumíveis e material de desgaste.

Por questões de segurança, o Laboratório deverá proceder à instalação de meios de proteção coletivos como sejam, sistemas de exaustão adequados, e à aquisição de equipamentos de proteção individual para os técnicos de laboratório.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, março de 2013

### VISTOS

A Chefe do Núcleo de Infraestruturas  
Rodoviárias e Aeroportuárias



Ana Cristina Freire  
Investigadora Auxiliar

O Diretor do Departamento de Transportes



António Lemonde de Macedo  
Investigador Coordenador

### AUTORIAS



Fátima Alexandra B. Antunes Batista  
Investigadora Auxiliar



Nuno Manuel Aires Nunes  
Assistente Técnico

