

AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE DE MISTURAS BETUMINOSAS DRENANTES EM LABORATÓRIO E “IN SITU”

CÁTIA CRISTIANA CARMONA DO NASCIMENTO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Jaime Manuel Queirós Ribeiro

Co-orientador: Adriano Manuel da Silva Teixeira

JUNHO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miiec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Ao meu Avô José Gomes
E aos meus Pais

que colocaram os estudos como prioridade na minha vida

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Civil – Especialização em Vias de Comunicação com base no Protocolo estabelecido entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e o Centro de Formação Profissional da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas do Norte, mais especificamente com o Laboratório de Geotecnia e Construções (LGMC), sob orientação do Professor Doutor Jaime Queirós Ribeiro e do coorientador Engenheiro Adriano Teixeira.

Todas as condições de base inerentes a este trabalho foram facultadas pelas empresas MonteAdriano, S.A., ALUMÍNIOS NASCIMENTO, BRISA, S.A., BRISAL, S.A., ASCENDI, S.A., EUROSCUT, S.A., NORSCUT, S.A., SCUTVIAS, AUTOESTRADAS DO ATLÂNTICO, S.A. E ESTRADAS DE PORTUGAL, S.A..

Assim, expresso os meus agradecimentos às seguintes Pessoas e Entidades:

Ó Professor Doutor Jaime Queirós Ribeiro, pela disponibilidade e empenho na orientação da presente tese;

Ao Engenheiro Adriano Teixeira, pela análise crítica e construtiva nos momentos determinantes deste trabalho;

Ao CICCOPN e LGMC – pelo tempo facultado, pelos equipamentos e quadros técnicos disponibilizados para a realização exclusiva deste trabalho;

À BRISA, S.A., Concessionária do lanço “Maia/Santo Tirso da A3-AutoestradaPorto/Valença”, local onde se realizaram todos os ensaios de campo, e por todo o apoio prestado;

As Concessionárias que me facultaram a informação necessária, sob a rede viária pavimentada com mistura betuminosa drenante;

À Serralharia Alumínios Nascimento, pela colaboração no melhoramento do equipamento de laboratório existente do ensaio da permeabilidade;

Aos meus pais Celeste e Hermínio que, com bastante esforço me proporcionaram as melhores condições possíveis para a realização deste trabalho, expresso o meu profundo reconhecimento e gratidão;

À minha família, pelo apoio incondicional demonstrado em todos os momentos e sempre unida disposta a ajudar-me no necessário;

Em especial, aos meus avós Lurdes e José que sempre me acarinharam e me deram força nos momentos mais difíceis deste percurso que estou a concluir. A eles, um muito obrigado, por toda a dedicação;

A todos os meus amigos e colegas, em especial à Angela, o meu muito obrigado pela sua amizade e disponibilidade de ajuda e colaboração em qualquer momento desta dissertação.

Não esquecendo qualquer das etapas precedentes que foram fundamentais na construção das bases para a realização do presente trabalho, de um modo geral, gostaria de expressar os mais sinceros agradecimentos a todos aqueles que estiveram presentes na minha educação e formação até ao momento, prestando um contributo fundamental.

RESUMO

A permeabilidade em pavimentos rodoviários, nomeadamente nas misturas betuminosas drenantes que os compõem, assume um relevante papel no seu desempenho, influenciando em aspetos como a segurança e conforto na circulação e respetiva durabilidade. Muitas das patologias identificadas em pavimentos rodoviários, prendem-se com a existência de uma drenagem ineficiente, pelo que a análise desta característica em fase de projeto constitui um foco de interesse crescente, considerando ainda que atualmente estão definidas exigências normativas no que respeita a esta propriedade.

Esta dissertação procura dar um contributo neste aspeto, incidindo sobre o estudo da permeabilidade em misturas betuminosas drenantes e a correspondente quantificação desta característica de acordo com as normas europeias. Neste trabalho é apresentado o estudo da permeabilidade em pavimentos drenantes, a partir de misturas produzidas em ambiente laboratorial e de carotes recolhidos “in situ”.

No estudo desenvolvido em laboratório, foram preparadas diferentes misturas betuminosas, alterando os tipos de fíler e a energia de compactação utilizados, procurando-se avaliar a influência da variação destes parâmetros nas características físicas da mistura, em especial a permeabilidade. As amostras recolhidas “in situ”, com características semelhantes às providenciados em laboratório, foram sujeitas a idênticos procedimentos, avaliando-se o seu comportamento drenante.

Em paralelo, a elaboração deste trabalho tem como intuito contribuir construtivamente na aplicação do sistema de normalização europeia após a recente determinação da obrigatoriedade da marcação CE em misturas betuminosas, destacando-se em particular o conjunto das normas EN 12697 – Especificação de ensaios.

PALAVRAS-CHAVE: misturas betuminosas drenantes, métodos de ensaio, permeabilidades, normas europeias, pavimentos rodoviários.

ABSTRACT

The drainage in road pavements, particularly in their draining bituminous mixtures, assumes an important role in its performance, influencing aspects such as safety and comfort in the road traffic and durability. Many of the diseases identified in road pavements, relate to the existence of an inefficient drainage, so the discussion of this feature in the design phase is a focus of increasing interest, also considering that currently are defined regulatory requirements with respect to this property.

This thesis gives contribute to this aspect, by focusing on the study of permeability in asphalt drainage and the corresponding quantification of this feature in accordance with european standards. This paper presents the study of permeability in pavement draining from mixtures produced in the laboratory and samples collected "in situ".

In the study developed in the laboratory, various bituminous mixtures were prepared by changing the type of filler used and the compaction energy, attempting to evaluate the influence of variation of these parameters on the physical characteristics of the mixture, in particular the permeability. Samples taken "in situ", with features similar to those provided in the laboratory, were subjected to identical procedures, evaluating their draining behavior.

In parallel, the development of this work has the intention to contribute constructively in the implementation of the European standardization system after the recent emergence of mandatory CE marking on asphalt, highlighting in particular the set of standards EN 12697 - Specification for testing.

KEYWORDS: draining bituminous mixtures, test methods, permeability, european standards, road pavements.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1.INTRODUÇÃO..... 1

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.2. JUSTIFICAÇÃO DO TEMA E A SUA IMPORTÂNCIA.....	1
1.3. OBJETIVOS.....	2
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	2

2. CAMADAS DRENANTES..... 5

2.1. INTRODUÇÃO	5
2.2. OBJETIVO DAS MISTURAS UTILIZADAS EM CANADAS DRENANTES	8
2.3. EVOLUÇÃO E ENQUADRAMENTO	10
2.3.1. ORIGEM DAS CAMADAS DRENANTES.....	10
2.3.2. EXPERIENCIA EUROPEIA.....	11
2.3.3. EXPERIENCIA NO RESTO DO MUNDO	22
2.4. ESPECIFICAÇÕES NORMATIVAS NAS MISTURAS BETUMINOSAS DRENANTES	22
2.4.1. NORMAS EUROPEIAS	22
2.4.1.1. Agregados.....	23
2.4.1.2. Fíler	23
2.4.1.3. Ligante	23
2.4.1.4. Mistura Betuminosa	23
2.4.2. NORMAS PORTUGUESAS	24
2.4.2.1. Agregados.....	25
2.4.2.2. Fíler	28
2.4.2.3. Ligante	28
2.4.2.4. Mistura betuminosa drenante	30
2.5. QUANTIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE.....	31
2.5.1. LEI DE DARCY	33

3. INTRODUÇÃO AO TRABALHO EXPERIMENTAL	35
3.1. ASPETOS GERAIS	35
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS	36
3.2.1. AGREGADOS	36
3.2.2. FÍLER	37
3.2.3. LIGANTE	39
3.2.4. ADITIVO	39
3.2.5. FIBRAS ACRÍLICAS	40
3.3. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS	41
3.3.1. MISTURAS BETUMINOSA DRENANTE PREPARADA EM LABORATÓRIO	41
3.3.2. MISTURAS BETUMINOSA DRENANTE PREPARADA EM CENTRAL	44
 4. PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PROVETES	 47
4.1. MOLDAGEM DOS PROVETES COM MISTURA BETUMINOSA PREPARADA EM LABORATÓRIO	47
4.2. RECOLHA DA MISTURA PREPARADA EM CENTRAL	49
4.3. PROCEDIMENTO DE RECOLHA DE CAROTES	50
4.4. CARATERÍSTICAS DOS PROVETES	52
4.5. MASSA E VOLUME	52
4.5.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS	53
4.6. BARIDADE	54
4.6.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS	54
4.7. BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA	55
4.7.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS	57
4.8. POROSIDADE, ÍNDICE DE VAZIOS, VMA E VFB DOS PROVETES DE MISTURAS BETUMINOSAS	57
4.8.1. POROSIDADE	57
4.8.2. ÍNDICE DE VAZIOS	58
4.8.3. PERCENTAGEM DE VAZIOS NA MISTURA DE AGREGADOS (VMA) E PERCENTAGEM DE VAZIOS PREENCHIDOS COM BETUME (VFB)	58
4.8.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	59
 5. ENSAIOS DE PERMEABILIDADE EM LABORATÓRIO E “IN SITU”	 63
5.1. ENQUADRAMENTO NORMATIVO	63

5.2. PERMEABILIDADE EM LABORATÓRIO – EN 12697-19.....	63
5.2.1. PERMEABILIDADE VERTICAL	64
5.2.2. PERMEABILIDADE HORIZONTAL	66
5.3. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	69
5.4. PERMEABILIDADE “IN SITU” – NLT 327-00	72
5.5. ANÁLISE DE RESULTADOS.....	75
5.6. PERMEABILIDADE “IN SITU” – EN 12697- 40	75
 6. CONCLUSÕES	 81
 BIBLIOGRAFIA.....	 83

ANEXOS

ANEXO – A – AGREGADOS
ANEXO – B – FÍLER
ANEXO – C – BETUME
ANEXO – D – ADITIVO
ANEXO – E – FIBRAS ACRÍLICAS
ANEXO – F – CARACTERÍSTICAS DOS PROVETES
ANEXO – G – BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA
ANEXO – H – POROSIDADE, ÍNDICE DE VAZIOS, VMA, VFB
ANEXO – I – PERMEABILIDADES

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Atlantic Road – Noruega.	5
Fig. 2 – Representação esquemática de um pavimento (InIR).	7
Fig. 3 – Percolação da água pela camada drenante.	8
Fig. 4 – Contacto pneu-pavimento na camada de desgaste (Paiva).	9
Fig. 5 – Prensa de corte giratória (PCG) (Barra, 2009).	12
Fig. 6 – Princípio do processo de compactação das misturas betuminosas (Rohde, 2007).	13
Fig. 7 – Processo de rutura à compressão simples do provete (Barra, 2009).	14
Fig. 8 – Máquina de Los Angeles e provetes ensaiados.	15
Fig. 9 – Representação das várias concessionárias em Portugal.	21
Fig. 10 – Representação dos vazios na mistura betuminosa drenante.	31
Fig. 11 – Esquema do processo de medição – Permeâmetro LCS. (Paiva).	32
Fig. 12 – Experiencia de Darcy.	34
Fig. 13 – Agregado 8/14 Drenante.	36
Fig. 14 – Agregado 4/8 Drenante.	36
Fig. 15 – Pó 0/4.	37
Fig. 16 – Representação das curvas granulométricas dos agregados.	37
Fig. 17 – Fíler Comercial-Cal Hidráulica.	38
Fig. 18 – Fíler Comercial-Cal Hidratada.	38
Fig. 19 – Fíler Granítico Recuperado.	38
Fig. 20 – PMB 45/80 – 65.	39
Fig. 21 – Polyram L 200.	40
Fig. 22 – Propriedades das fibras indicadas pelo produtor (Fisipe).	40
Fig. 23 – Fibras acrílicas Asphalt+.	41
Fig. 24 – Curva granulométrica da mistura de agregados.	43
Fig. 25 – Validação dos fusos granulométricos.	44
Fig. 26 – Central onde foi produzida a mistura betuminosa drenante.	44
Fig. 27 – Curva granulométrica da mistura de agregados fornecida pelo empreiteiro.	45
Fig. 28 – Esquartelamento dos agregados.	47
Fig. 29 – Mistura dos agregados e aplicação do ligante.	48
Fig. 30 – Agregados totalmente envolvidos pelo ligante.	48
Fig. 31 – Moldagem dos provetes.	49

Fig. 32 – Recolha da mistura betuminosa em obra.....	49
Fig. 33 – Provetes moldados com 20 pancadas por face.	50
Fig. 34 – Provetes moldados com 10 pancadas por face.	50
Fig. 35 – Provetes moldados com 50 pancadas por face.	50
Fig. 36 – Procedimento para recolha de carotes.	51
Fig. 37 – Carotes cilíndricos.	51
Fig. 38 – Representação dos volumes numa mistura betuminosa.	52
Fig. 39 – Baridades por tipo de mistura betuminosa drenante.....	54
Fig. 40 – Determinação da baridade máxima teórica.....	56
Fig. 41 – Baridade máxima teórica por tipo de mistura betuminosa drenante.....	57
Fig. 42 – Porosidade mínima, média e máxima por tipo de mistura betuminosa.	59
Fig. 43 – Índice de vazios mínimo, médio e máximo por tipo de mistura betuminosa.....	60
Fig. 44 – VMA por tipo de mistura betuminosa.	60
Fig. 45 – VFB por tipo de mistura betuminosa.	61
Fig. 46 – Equipamento para determinar permeabilidade, manguito de borracha e colunas acrílicas. .	64
Fig. 47 – Permeâmetro para permeabilidade vertical da norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006). ..	64
Fig. 48 – Determinação da permeabilidade vertical.	65
Fig. 49 – Permeâmetro para permeabilidade horizontal da norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006).	67
Fig. 50 – Provetes parafinados, e colagem do tubo acrílico.	67
Fig. 51 – Determinação da permeabilidade horizontal.....	67
Fig. 52 – Caudal vertical médio e porosidade média por tipo de mistura betuminosa drenante.	70
Fig. 53 – Caudal horizontal médio e porosidade média por tipo de mistura betuminosa drenante.....	70
Fig. 54 – Permeabilidade vertical e horizontal média por tipo de mistura betuminosa drenante.....	71
Fig. 55 – Permeâmetro LCS (CEDEX, NLT - 327, 2000).....	72
Fig. 56 – Metodologia do ensaio de permeabilidade “in situ” e especto final do caudal escoado sob o pavimento.	73
Fig. 57 – Correlação do coeficiente de permeabilidade/ tempo de escoamento. (CEDEX, 2000).	74
Fig. 58 – Permeâmetro.	76
Fig. 59 – Disposição tipo de locais de teste.	77
Fig. 60 – Permeâmetro “In Situ” da Mecânica Científica, SA.....	79

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Secções da rede viária sob gestão direta das EP, com camada drenante de desgaste. .	18
Quadro 2 – Rede viária sob gestão da Brisa, com camada drenante de desgaste.	19
Quadro 3 – Rede viária sob gestão da Brisa, com camada drenante de desgaste.....	19
Quadro 4 – Rede viária sob gestão da AEDL, com camada drenante de desgaste.	19
Quadro 5 – Rede viária sob gestão da Ascendi, com camada drenante de desgaste.....	20
Quadro 6 – Rede viária sob gestão da Scutvias, com camada drenante de desgaste.	20
Quadro 7 – Limites globais de composição da mistura (CEN, 2006).	24
Quadro 8 – Propriedades dos agregados a usar em misturas betuminosas drenante PA12,5 (Estradas de Portugal, 2012).	26
Quadro 9 – Fuso granulométrico da mistura betuminosa drenante PA 12,5 (Estradas de Portugal, 2012).	27
Quadro 10 – Requisitos granulométricos para o fíler. (Estradas de Portugal, 2012).	28
Quadro 11 – Requisitos/Propriedades dos betumes modificados. (Estradas de Portugal, 2012).....	29
Quadro 12 – Características da mistura betuminosa drenante PA 12,5. (Estradas de Portugal, 2012).	30
Quadro 13 – Características dos fílires utilizados.....	39
Quadro 14 – Frações e respetivas características dos agregados.....	41
Quadro 15 – Composição da mistura de agregados.	42
Quadro 16 – Composição percentual das misturas preparadas em laboratório.	42
Quadro 17 – Granulometria da mistura de agregados.	42
Quadro 18 – Comparação dos fusos granulométricos para misturas PA 12,5.....	43
Quadro 19 – Características da mistura betuminosa drenante produzida em central.....	45
Quadro 20 – Valor médio dos desvios médios da massa e volume.	53
Quadro 21 – Massas e volumes médios das misturas preparadas em central.	53
Quadro 22 – Permeabilidade Vertical, KV	66
Quadro 23 – Permeabilidade horizontal, Kh.	69
Quadro 24 – Caudal e coeficiente de permeabilidade vertical médios, por tipo de mistura betuminosa drenante.	69
Quadro 25 – Caudal e coeficiente de permeabilidade horizontal médios, por tipo de mistura betuminosa drenante.....	70
Quadro 26 – Permeabilidade “in situ”.	75
Quadro 27 – Fatores de correção da temperatura.....	78

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AC – Asphalt Concret

Asphacal®H – Cal Hidratada

Asphalt+ – Fibras Acrílicas

ASTM – American Society for Testing and Materials

Argre. – Agregado

BBD_r – Betão Betuminoso Drenante

BB_d – Betão Betuminoso Drenante

BS – Norma British Standard

CEN – Comité Européen de Normalização

C.E. – Caderno de Encargos das Estradas de Portugal

CE – Marcação CE

CEDEX – Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

CICCOPN – Centro de Formação Profissional da Indústria da Construção Civil e Obras Públicas do Norte

EN – Norma Europeia

EP – Estradas de Portugal

ETA – Aprovação Técnica Europeia

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto

IRC – Índice de Resistência Conservada

JH – Japan Highway Public Corporation

LCS – Laboratório Caminos de Santander

LGMC – Laboratório de Geotecnia e Construções

NF – Norma Francesa

NHL5 – Cal Hidráulica Natural

NP – Norma Portuguesa

NP EN – Norma Portuguesa baseada em Norma Europeia

NLT – Normas del Laboratorio de Transportes

PA – Tipo de Mistura Porous Asphalt

PCG – Prensa de Corte Giratório

PMB – Polymer Modified Bitumens

PRN – Plano Nacional Rodoviário

RTFOT – Rolling Thin Film Oven Test

Ref. – Referência

TRL – Transportation Research Laboratory

UE – União Europeia

UNI – Unidades

ρ_{mv} – Baridade Máxima Teórica

$\rho_{b,dim}$ – Baridade Geométrica

ρ_B – Densidade do Betume

V_m – Porosidade

VMA – Vazios da Mistura de Agregados

VFB – Vazios Preenchidos com Betume

V_v – Volume de Vazios da Mistura

V_{bef} – Volume de Betume Efetivo

V_a – Volume de Agregado

V_{ba} – Volume de Betume Absorvido

V – Volume Aparente do Provete

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O espírito de prevenção para conseguir estradas que, por um lado, sejam mais seguras, económicas e confortáveis, e por outro, sejam capazes de resistir ao crescente aumento de cargas a que são sujeitas, levou a desenvolver diversas soluções inovadoras em matéria de pavimentação. Deste modo, surge nos Estados Unidos pela primeira vez a experiência com misturas betuminosas drenantes, aplicadas na camada de desgaste dos pavimentos flexíveis.

Atualmente em Portugal e em grande parte da Europa, as misturas betuminosas drenantes, devido à sua composição, apresentam depois de compactadas uma elevada porosidade, acima dos 22%, melhorando a aderência entre o pneu e o pavimento em condições de tempo húmido ou seco, estabelecendo-se no seu interior poros que permitem assegurar o escoamento da água da superfície, associada à otimização das inclinações transversais das vias, reduzindo assim os efeitos de projeção de água em “spray” e melhorando a visibilidade aos condutores em condições de pluviosidade intensa.

Por outro lado, a elevada porosidade da camada confere uma elevada macrotextura com excelente capacidade de absorção acústica, verificando-se, uma redução significativa do ruído em circulação, quer no exterior, quer no interior do veículo e aumentando a capacidade de resistência ao deslizamento a altas velocidades.

Assim, é fundamental que se continue a estudar o comportamento das misturas betuminosas drenantes em serviço, para se adequar a sua composição e comportamento perante as exigências normativas no âmbito da marcação CE para misturas betuminosas no que diz respeito a quantificação da permeabilidade das mesmas.

A caracterização das misturas betuminosas consiste na quantificação de algumas características através de métodos de ensaio que têm sido desenvolvidos constantemente, de forma a obter valores mais próximos do seu desempenho no pavimento, devendo respeitar os parâmetros indicados nas especificações.

O meio técnico nacional tem experimentado algumas dificuldades, especialmente na aplicação dos métodos de ensaio para misturas betuminosas que permitam quantificar a permeabilidade em laboratório e “in situ”, definidos na normalização europeia (EN 12697), dada a falta de experiência e conhecimento destas duas metodologias.

1.2. JUSTIFICAÇÃO DO TEMA E A SUA IMPORTÂNCIA

Em Portugal, nos últimos anos, tem se verificado um aumento gradual do uso de misturas betuminosas drenantes na rede viária principal, ao nível da camada de desgaste. A sua aplicação não se limita apenas a infraestruturas novas, mas também à reabilitação de infraestruturas existentes.

A preocupação geral quanto às condições geométricas, funcionais e estruturais dos pavimentos rodoviários, relacionadas com o fator de segurança de circulação, desperta cada vez mais o interesse em estudar os fatores que influenciam a funcionalidade dos pavimentos.

Atualmente não são conhecidos grandes estudos sobre o comportamento da permeabilidade das camadas drenantes, nem sobre eventuais influências das características geométricas, geologia da área envolvente e tráfego, em estradas com esta camada de desgaste.

Um número significativo de acidentes rodoviários resulta do efeito de hidroplanagem. Deste modo é interessante estudar metodologias para misturas betuminosas de modo a combater este risco, bem como outros aspetos de degradação precoce dos pavimentos.

As Concessionárias de autoestradas que apresentam grande percentagem da sua rede construída com misturas betuminosas drenantes, lidam com o problema da funcionalidade e conservação destas misturas, resultando numa questão muito pertinente a diferentes níveis:

- Segurança Rodoviária – responsabilidade civil;
- Serviço Prestado – responsabilidade contratual;
- Gestão da Rede – planeamento das operações de manutenção;
- Imagem – opinião dos utentes.

1.3. OBJETIVOS

Este trabalho tem como principal objetivo averiguar e quantificar a permeabilidade em misturas betuminosas drenantes em camadas de desgaste dos pavimentos rodoviários.

Outro objetivo é estudar a influência de alguns dos seus componentes, no que diz respeito à permeabilidade, tendo como objetivo estudar vários tipos de fíleres bem como a introdução de fibras acrílicas na composição das misturas betuminosas drenantes.

Decidiu-se ainda estudar nestas misturas a influência da variação de energia de compactação com mistura betuminosa produzida em central.

De forma a conseguir atingir estes objetivos são analisados parâmetros de caracterização das misturas e permeabilidades destas camadas, procurando-se relacionar os dados de porosidade das misturas com a capacidade de, drenagem das mesmas.

Esta capacidade de drenagem é estudada ao nível de laboratório e “in situ”.

1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho desenvolvido é apresentado em seis capítulos. Neste primeiro capítulo, procurou-se efetuar um enquadramento ao tema da dissertação, mostrando também a sua importância e apresentando-se os principais objetivos a atingir com a realização do trabalho e a sua organização.

No segundo capítulo, apresenta-se o principal objetivo das misturas betuminosas drenantes aplicadas em camadas, seguindo-se uma panorâmica da experiência na Europa destas misturas. Descreve-se a caracterização e composição das misturas betuminosas drenantes, em função da normalização Nacional e Europeia. Abordam-se ainda os métodos de ensaios que permitem quantificar a permeabilidades nestas misturas.

No terceiro capítulo reúnem-se e analisam-se as características das misturas betuminosas drenantes a preparar em laboratório e central, no que diz respeito aos materiais constituintes e à formulação das misturas betuminosas.

No quarto capítulo, sintetiza-se os métodos de preparação dos provetes e faz-se a sua caracterização, determinando para cada um deles, a massa, o volume, a baridade, a porosidade e o índice de vazios. Descreve-se ainda a metodologia adotada para a determinação de cada uma destas grandezas. Apresentando em simultâneo os resultados obtidos para estas grandezas.

No quinto capítulo, apresenta-se uma análise das normas europeias e espanholas, mas incide-se particularmente sobre os métodos de ensaio selecionados criteriosamente que permitem quantificar a permeabilidade em misturas betuminosas drenantes em laboratório e “in situ”. Apresenta-se ainda um estudo comparativo das permeabilidades obtidas, em função do método de fabrico dos provetes para as misturas estudadas neste trabalho.

Por último, no sexto capítulo, são apresentadas os aspetos mais significativos atingidos por este estudo identificando-se as áreas para futuras investigações, no âmbito desta temática.

2 CAMADAS DRENANTES

2.1. INTRODUÇÃO

O plano rodoviário nacional (PRN), instituído pelo Decreto-Lei n.º 222/98, de 17 de julho, veio definir a rede rodoviária nacional, constituída pelas redes fundamental e complementar. No entanto, sabe-se que o desenvolvimento social e económico de um país depende, entre outros fatores, da mobilidade das pessoas e bens. A rede rodoviária em Portugal, desde 1985 tem aumentado a sua extensão, sofrendo alterações ao longo dos anos, que se traduzem numa melhoria constante das condições do ordenamento do território e ocupação do solo, tendo sempre subjacente o interesse público e a minimização dos impactos ambientais de modo a otimizar a gestão da rede rodoviária nacional.

No caso de Portugal, os transportes rodoviários constituem o principal meio de transporte utilizado e a rede rodoviária assume um papel fundamental na sociedade. Atualmente, para além do desenvolvimento de novas infraestruturas rodoviárias, verifica-se também a necessidade em reabilitar e redefinir algumas das infraestruturas existentes, uma vez que algumas delas se aproximam do seu período de vida útil.

Os pavimentos rodoviários após a sua construção sofrem um processo de degradação sob a ação do tráfego e das condições atmosféricas. Esse processo que ocorre durante a vida útil do pavimento poderá no entanto ser mais lento se o pavimento for bem construído e bem conservado. Deste modo é fundamental compreender quais as funções e a finalidade dos pavimentos de modo a obter estruturas mais duráveis.

Um pavimento rodoviário é considerado como uma estrutura constituída por várias camadas de espessura finita (sistema multiestratificado) apoiada continuamente na fundação constituída pelo terreno natural (maciço semi-indefinido) (Branco, Pereira, & Santos, 2005).



Fig. 1 – Atlantic Road – Noruega.

A principal função de um pavimento rodoviário é a de assegurar a existência duma superfície de rolamento que possibilite a circulação dos veículos com comodidade, economia e segurança durante um certo período de tempo (vida útil do pavimento), em determinadas condições climáticas e sob a aplicação das ações do tráfego.

A um pavimento devem exigir-se duas qualidades: funcional e estrutural. A primeira está relacionada com aquilo que efetivamente o utilizador sente; conforto e segurança de circulação, a segunda avalia a capacidade estrutural do pavimento para suportar as cargas dos veículos e as variações térmicas.

Quanto à estrutura e tipo de materiais empregues, genericamente podem considerar-se de dois tipos: constituídos por materiais granulares (solos e agregados) e estabilizados por ligantes (hidrocarbonatados ou hidráulicos).

Os pavimentos rodoviários podem classificar-se do seguinte modo:

- Pavimentos Flexíveis;
- Pavimentos Rígidos;
- Pavimentos Semirrígidos.

Portugal apresenta uma rede rodoviária maioritariamente constituída por pavimentos flexíveis.

Como referido anteriormente um pavimento é composto por várias camadas distinguindo-se, pelas funções que desempenham, a superficial (camada de desgaste), e a fundação do pavimento.

A camada de desgaste encontra-se em contacto direto com o tráfego, devendo apresentar uma superfície lisa, uniforme, antiderrapante, garantir uma diminuição do ruído no contacto pneu/pavimento e assegurar um escoamento eficiente da água da chuva à superfície do pavimento, contribuindo substancialmente para o conforto e segurança dos utentes. Adicionalmente, e do ponto de vista estrutural, deverão contribuir para a capacidade global do pavimento, distribuindo as tensões induzidas pelas cargas rolantes e devem ser impermeáveis de modo a que as camadas subjacentes fiquem protegidas de eventuais infiltrações.

Por outro lado existem camadas de desgaste que são especificamente construídas com um objetivo funcional, focalizadas somente nas características definidas anteriormente, não se valorizando a sua contribuição estrutural e não tendo mesmo uma função de impermeabilização, deixando essas funções para as camadas subjacentes.

O corpo do pavimento, tem a principal função de degradar as cargas do tráfego aplicadas sobre o pavimento, subdividindo-se em camadas com diferentes qualidades e resistências. Cada camada tem, na fase de construção, a função de assegurar apoio para a realização da camada sobrejacente. No caso de se tratar de misturas betuminosas, a camada subjacente à camada de desgaste denomina-se por camada de regularização ou de ligação de acordo com as ENs e no caso da camada de desgaste ser uma camada drenante designa-se a seguinte de subjacente à camada drenante.

Esta camada de regularização ou ligação tem como objetivo receber as cargas do tráfego, uniformizar as tensões e de seguida transferi-las às camadas de base que deve ainda ser uma superfície regular desempenada. Assim a camada de base é a camada estrutural mais importante uma vez que recebe as cargas transmitidas pela passagem do tráfego, que posteriormente serão transferidas para a fundação.

Em relação às camadas de sub-base, são utilizados materiais de melhor qualidade do que os utilizados na fundação, recorrendo-se para tal a solos selecionados, agregados britados de granulometria extensa ou a solos ou agregados com adição de ligantes hidráulicos. Estas têm como funções receber os esforços provenientes da camada de base e redistribuir os esforços para a fundação, drenar as

infiltrações que poderão ocorrer nas camadas superiores; durante a construção possibilitam a compactação da base em boas condições, garantem a trafegabilidade do equipamento de obra e já em fase de utilização impedem a ascensão da água capilar evitando que esta atinja as camadas mais nobres do pavimento.

Por último, esta camada evita a deformação do solo e serve de base construtiva, possibilitando a compactação das camadas superiores. Tem ainda como objetivo, eliminar ou diminuir os problemas subsequentes da heterogeneidade dos materiais de fundação.

O pavimento é executado sobre uma infraestrutura, geralmente a fundação que, pontualmente, pode ser por exemplo uma obra de arte.

O leito de pavimento é composto por materiais granulares ou por solos com ou sem ligantes hidráulicos (cal e/ou cimento). Em algumas situações opta-se pela utilização conjunta de geotêxteis, uma vez, que estes ajudam a evitar a contaminação de outras camadas pelos finos e desempenham ainda função drenante ou de trafegabilidade das máquinas.

Na Figura 2 apresenta-se uma estrutura tipo de um pavimento.

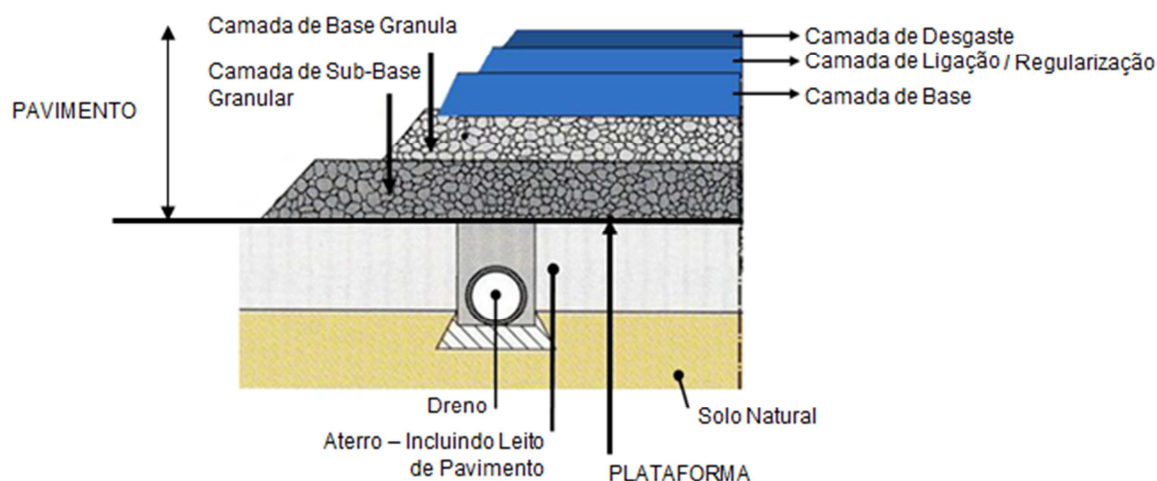


Fig. 2 – Representação esquemática de um pavimento (InIR).

No ponto 2.2 deste capítulo procura-se descrever as vantagens e desvantagens das misturas betuminosas drenantes aplicadas em camadas de desgaste.

No ponto 2.3 apresenta-se uma revisão de literatura quanto à origem e evolução destas camadas drenantes em vários países.

No ponto 2.4 apresentam-se as exigências normativas das misturas betuminosas drenantes definidas no Caderno de Encargo das Estradas de Portugal e as especificações dos materiais, definidos na norma EN 13108-7: Porous Asphalt (CEN, 2006).

Por último no ponto 2.5, identificam-se os métodos que permitem quantificar a permeabilidade vertical e horizontal em laboratório e a permeabilidade radial "in situ" de acordo com as normas correspondentes e descreve-se a teoria de escoamento hidráulico que permite quantificar a permeabilidade.

2.2. OBJETIVO DAS MISTURAS UTILIZADAS EM CAMADAS DRENANTES

As misturas betuminosas drenantes, são compostas por betume, agregados e fíler, podendo ainda prever-se a adição de fibras e aditivos, misturados de forma uniforme e em proporções adequadas, de modo a obter uma mistura betuminosa homogênea. Estas misturas são realizadas geralmente a quente e a sua aplicação é exclusiva nas camadas de desgaste nos pavimentos flexíveis. Recebendo diretamente a ação do tráfego e do clima, estas, devem ser suficientemente resistentes para que a via cumpra o papel que lhe é destinado.

Este tipo de misturas betuminosas apresentam após compactadas, um elevado índice de vazios (22-30%), o que as torna permeáveis à água da chuva e consequentemente reduz a espessura da lâmina de água sobre a superfície do pavimento.

O elevado índice de vazios da mistura drenante é obtido por meio de uma dosagem adequada de agregados, fíler e betume. Para estas misturas deve ser assegurada a impermeabilidade da camada subjacente, de forma a impedir a infiltração da água que provocaria falhas estruturais no pavimento (Figura 3).

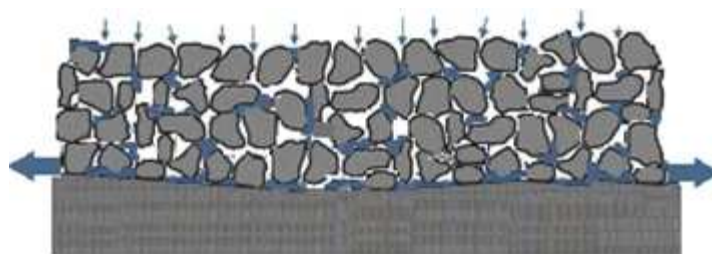


Fig. 3 – Percolação da água pela camada drenante.

As camadas drenantes caracterizam-se por serem camadas com melhor comportamento ao nível de:

- Segurança e conforto na condução em períodos de precipitação, devido à elevada aderência que confere aos pneumáticos mesmo em período de chuva;
- Melhoria do ambiente sonoro por redução do ruído provocado ao nível da interface pneu/pavimento, devido à elevada porosidade que diminui significativamente a compressão do ar pois pode escapar através dos vazios da mistura;

Nestas camadas utilizam-se geralmente betumes modificados com o objetivo de:

- Redução da suscetibilidade térmica;
- Aumento da coesão e das propriedades elásticas;
- Aumento da adesividade em presença de água e a baixa temperatura.

No entanto estes pavimentos não apresentam só vantagens, também têm limitações, tais como, (Branco, Pereira, & Santos, 2005):

- Contribuição estrutural pouco significativa – por norma não é considerada no dimensionamento do pavimento. A título indicativo, refira-se que a espessura desta camada corresponde, em termos de capacidade resistente, sensivelmente, a metade de uma mistura densa convencional;
- Colmatção e consequente perda de permeabilidade – ocorre ao fim de algum tempo, podendo variar ao fim 3 a 6 meses em locais agressivos, nomeadamente cidades e zonas

rurais e ao fim de 3 anos em autoestradas, podendo aí as zonas de circulação dos pneumáticos encontrarem-se pouco colmatadas, em virtude da descompressão provocada pela passagem dos pneumáticos.

- Envelhecimento precoce – a elevada quantidade de vazios que esta camada apresenta, proporciona uma superior exposição do filme de betume que envolve os agregados ao ar e à água, acelerando a oxidação do betume.

De acordo com as especificações do Departamento de Normalização do Reino Unido, a camada apresenta (HA, 1991):

Vantagens

- Redução, ou mesmo eliminação da lâmina de água na superfície do pavimento durante uma chuvada, reduzindo o efeito de spray pela passagem do tráfego, melhorando as condições de visibilidade (Figura 4);

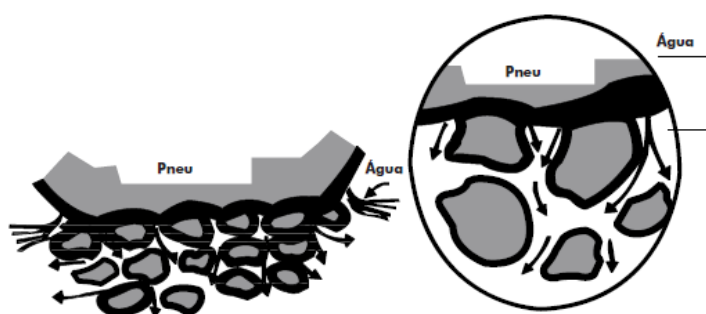


Fig. 4 – Contacto pneu-pavimento na camada de desgaste (Paiva).

- O nível de ruído emitido pela interface pneu/pavimento é menor que na maioria dos outros tipos de materiais. Para velocidades elevadas a redução do nível de ruído emitido, comparativamente com um pavimento convencional, é aproximadamente de 4 dB(A) nos veículos ligeiros e 3 dB(A) nos veículos pesados. Esta redução é mais notória em condições de circulação com tempo húmido e chuvoso. Também para velocidades baixas se verifica diminuição do ruído;
- Reduz o reflexo da superfície húmida, provocado pela incidência da luz;
- O seu desempenho é mais notório em vias com tráfego de circulação com velocidades elevadas, com boas características em planta e perfil e um adequado sistema de drenagem.

Desvantagens

- Durabilidade muito dependente de diversos fatores nomeadamente da qualidade dos materiais, da base de fundação, das características da área envolvente, do projeto de drenagem, e das condições de circulação. Se se verificar a acumulação de água, devido a um escoamento deficiente, a vida útil do pavimento reduz significativamente. Movimentos de travagem e inversão de marcha por veículos pesados, também reduzem a vida destas camadas pois impõem tensões tangenciais que podem provocar a perda de coesão da mistura e consequentemente desprendimento de partículas.
- A colmatagem dos poros durante a vida útil da camada de desgaste, pressupõem uma redução de vazios na camada, provocada pela acumulação de detritos, reduzindo

drasticamente a capacidade de escoamento. O nível de ruído não aumenta significativamente, mesmo quando os poros estão colmatados. Todavia, a permeabilidade da camada é afetada substancialmente e em pontos localizados, o que pode comprometer pontualmente a segurança dos veículos.

- A zona de passagem dos pneus tem uma colmatção mais lenta, devido ao efeito de sucção durante a passagem dos mesmos. Este tipo de camada exige no entanto maior manutenção, pois obriga a operações de limpeza e aspiração da camada com alguma regularidade.

Ainda de acordo com as mesmas especificações, a utilização de camadas drenantes deve ser devidamente ponderada nas seguintes situações:

- Áreas cuja largura do pavimento seja muito reduzida;
- Zonas de considerável aceleração, desaceleração, inversão e estacionamento;
- Curvas com valores de raio muito baixos, inferior a 75 m, ou zonas de inclinação superior a 10%;
- Zonas com histórico de frequência para deposição de detritos, óleos ou combustíveis, tais como parques, saídas e entradas de zonas industriais;
- Locais onde é expectável a passagem frequente de veículos industriais, estaleiros de obras, centrais, equipamentos agrícolas ou industriais similares;
- Áreas em que a inclinação longitudinal é insuficiente para escoar a água da superfície da plataforma, possibilitando o alagamento do pavimento drenante;
- Locais em que a drenagem não pode ser efetuada ao longo da plataforma, por exemplo junto a vias com outro tipo de pavimento, tal como pavimentos em betão;
- Tabuleiros de pontes metálicas;
- Zonas urbanas, zonas de velocidade de circulação reduzida;
- Estradas de velocidade limitada a 30 km/h, pois não há benefícios ao nível da redução de ruído e do efeito de projeção da água.

De acordo com as Especificações Espanholas as camadas drenantes, só poderão ser aplicadas em estradas onde não ocorra neve nem formação de gelo, devido aos fenómenos de expansão que ocorrem com a congelação da água o que podia provocar a rotura da mistura e consequentemente desprendimento dos agregados e em zonas onde os acessos estejam pavimentados. Não se podem utilizar sobre tabuleiros de estruturas que não estejam devidamente impermeabilizados, e em todas as situações, deverão prever-se sistemas específicos de captação e de eliminação da água infiltrada da superfície do pavimento (DGC, 2003).

Salvo justificação em contrário, e pela aplicação desta especificação, não deverão projetar-se camadas drenantes em locais de altitude superior a 1200 m, nem quando o troço a projetar estiver inserido em zona de reduzida pluviosidade.

2.3. EVOLUÇÃO E ENQUADRAMENTO

2.3.1. ORIGEM DAS CAMADAS DRENANTES

Os antecedentes das camadas drenantes remontam à década de 1970. O primeiro pavimento foi desenvolvido em Filadélfia nos Estados Unidos, pelo "Franklin Institute".

A mistura consistia em betão betuminoso convencional, onde os agregados finos (partículas menores que 600 μm) foram reduzidos, aumentando a porosidade à mistura betuminosa e permitindo que a água passasse através dos vazios da camada. A camada era executada numa camada de agregado limpo e uniforme com um volume de vazios de 40%. Este tipo de pavimentos foi muito utilizados e bem sucedido em parques de estacionamento (Adams, 2003).

Uma das primeiras aplicações, das camadas drenantes numa escala alargada foi, nos subúrbios de Philadelphia em East Whitelands Township num parque de estacionamento de 600 lugares. Após 20 anos de serviço, este pavimento continuava operacional sem necessidade de intervenção (Adams, 2003).

Entre 1970 e 1980 foram projetados os primeiros pavimentos drenantes embora sendo o seu comportamento e durabilidade desconhecidos. Assim, era frequente a sua aplicação como camada de desgaste exclusivamente em parques de estacionamento, sendo as vias de acesso aos mesmos, executadas em betão betuminoso convencional (Adams, 2003).

Ao longo desta década, quer nos Estados Unidos, quer na Europa, foram concebidos muitos pavimentos com camada drenante.

Na Europa, entre 1970 e 1990, realizaram-se vários estudos relativos ao comportamento dos pavimentos com camada drenante, tendo-se constatado que de uma forma geral, o ganho em termos de redução de ruído se perdia ao fim de alguns anos de entrada em serviço.

Na Europa e no Japão, as camadas de desgaste betuminosas porosas foram concebidas, desde o seu início, como camadas de desgaste especiais para melhorar a segurança, economia e comodidade do condutor, oferecendo condições para evitar a formação de película de água que provoca fenómenos de aquaplanagem e projeção da água para melhorar a resistência ao deslizamento. Para este tipo de misturas betuminosas é normal limitar-se superiormente a percentagem de ligante para evitar a sua exsudação e para assegurar a permeabilidade. Ao mesmo tempo aumenta-se ligeiramente a espessura da camada com o fim de aumentar a sua capacidade de armazenamento e maior redução de ruído. No entanto em Portugal não existe esta prática construtiva, optando-se geralmente por realizar camadas drenantes com 4 cm de espessura (MOPU, 1987 - novembro).

Nos subcapítulos seguintes são descritas, as primeiras experiências em camadas drenantes nomeadamente nos países Europeus e alguns casos pontuais noutros países.

2.3.2. EXPERIENCIA EUROPEIA

❖ FRANÇA

França foi um dos primeiros países europeus a utilizar este tipo de camadas. As primeiras aplicações surgiram a partir de 1977, sendo objeto de experiências sistemáticas. Nos finais de 1988, a superfície realizada em pavimento drenante já era de 3 000 000 m^2 . Diversos aspetos têm sido estudados, nomeadamente:

- Drenagem;
- Formulação;
- Rugosidade e aderência;
- Propriedades acústicas;
- Conservação;

- Disposições construtivas;
- Funcionamento estrutural.

“Em França, 40% das aplicações de misturas betuminosas drenantes realizaram-se com betume de pavimentação e 60% com betumes modificados (betume de pavimentação com adição de fibras, polímeros e ou pó de borracha)” (Oliveira, 1995, 42)

A mistura betuminosa drenante, aplicada sob forma de trecho experimental, possuía uma percentagem de vazios de 20% e espessura 4 cm. (Olveira, 2003)

Os pavimentos drenantes tiveram desenvolvimento em França a partir de 1984. Depois de dezembro de 1991, eles foram objeto de Homologação Normativa (NF P 98-134), denominados como “Beton Bitumineux Drainantes (BBDr)” e descritos como pavimentos com percentagem de vazios da ordem dos 20%, e a forma dos vazios é tal que as águas pluviais podem circular dentro das comunicações entre vazios.

Em França, a produção anual de misturas betuminosas a quente é de 40 milhões de toneladas. Isto exige a disponibilidade de um método eficaz para a dosagem das misturas com excelente desempenho, adaptadas às necessidades e ao contexto rodoviário francês. (Rohde, 2007)

Foi durante o inverno atípico de 1962-63, que se tornou evidente a necessidade de método confiável para a dosagem de misturas betuminosas. O método Marshall, utilizado até então, mostrou todas as limitações, inerentes aos métodos empíricos, quanto à adaptação a novos níveis de solicitação (em termos climáticos e/ou mecânicos), bem como à variabilidade dos materiais constituintes (agregados e ligantes). A França decidiu então adotar um método de dosagem de misturas betuminosas baseado no desempenho, no qual cada critério (volume de vazios, adesividade, resistências às deformação permanente e a fadiga, faixa de variação do módulo de deformabilidade) é avaliado por ensaio específico e comparado com os valores fixados nas normas, em função da classe de desempenho definida. (Rohde, 2007)

O método assim adotado pela França tem como base o ensaio na prensa de corte giratório (PCG), representado na Figura 5, normalizado nesse país pela norma NF P 98-252.



Fig. 5 – Prensa de corte giratória (PCG) (Barra, 2009).

A utilização da PCG permite avaliar a trabalhabilidade das misturas betuminosas e serve para determinar a percentagem de vazios que deve ser alcançada na obra em função da espessura da camada.

O ensaio consiste em compactar a mistura, à temperatura pré-definida, estabelecida em função da consistência do ligante, num molde cilíndrico que gira formando um ângulo de 1° em relação à vertical, simulando o efeito de rolos compactadores pneumáticos. Regista-se a evolução da altura do provete, que é transformada em percentagem de vazios, em função do número de giros. Um esquema do sistema de compactação usado pela PCG é patente na Figura 6.

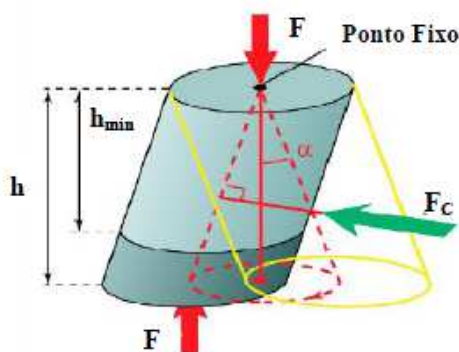


Fig. 6 – Princípio do processo de compactação das misturas betuminosas (Rohde, 2007).

em que:

$h_{\min}$ – altura mínima da amostra para 0 % de volume de vazios;

h – altura para um determinado numero de giros;

F – força axial;

F_c – força de corte;

α – ângulo de corte.

Atualmente o ensaio com a prensa de corte giratório faz parte das especificações europeias para misturas betuminosas descrito na norma EN 12697-31 (CEN, 2004).

Para lá do ensaio PCG utilizado em França, existe também o ensaio de Duriez que permite avaliar a adesividade da mistura betuminosa prescrito na norma NF 98-251.

É um ensaio de compressão estática que permite avaliar a resistência aos efeitos da imersão, e nomeadamente, o nível de adesividade passiva. Este ensaio consiste em moldar dois conjuntos de provetes: um conjunto é submetido a condicionamento em água à temperatura controlada e outro é colocado numa camara húmida durante 7 dias. Após o 7º dia de ensaio, os provetes são submetidos à compressão simples numa prensa para se determinar a relação entre as resistências imersa em água e seca (Figura 7) (Barra, 2009).



Fig. 7 – Processo de rutura à compressão simples do provete (Barra, 2009).

Este coeficiente no caso de misturas com betume modificado atinge valores de 0,85 a 0,95. A norma francesa NF P 98-134 impõe que este coeficiente seja maior que 0,8. Nos drenantes com índice de vazios elevados (maior que 30 %) é desejável que seja maior que 0,9. Porém, existem tipos de misturas betuminosas que obedecem a outros valores, de acordo com as especificações referentes às suas classificações (Ribeiro, 1995).

❖ ESPANHA

Em Espanha, foram construídos entre 1980 e 1990 cerca de 3 000 000 m² de camadas drenantes.

Nas primeiras aplicações estas camadas continham percentagens de vazios da ordem dos 15 a 18%, verificando-se uma colmatação rápida do pavimento. Passou-se, por isso a apostar numa porosidade da ordem dos 20 %. Na maior parte das camadas drenantes realizados em Espanha, utilizaram-se betumes modificados (cera de 80 %), sobretudo desde que se aumentou a percentagem de vazios. Porém, continuam a realizar-se estudos sob a possibilidade de estender o domínio de utilização dos betumes de pavimentação, mesmo para este tipo de formulação.

“Em Espanha, as misturas drenantes são utilizadas em seções longas (mais de 1 km), à exceção do tratamento localizado em zonas de inversão de declive. Evita-se a sua aplicação em zonas onde a queda de neve é abundante, em zonas urbanas ou industriais, sobre pavimentos onde há risco de fissuração induzida pelo suporte e sobre pontes”. (Oliveira, 1995, 45)

Em Espanha o método de formulação das misturas betuminosas é através do ensaio de Cântabro desenvolvido na região da Cantábria com a finalidade de avaliar a perda por desgaste da camada de rolamento. Este ensaio consiste na determinação da perda de massa por desgaste, de provetes Marshall, submetidos a 300 ciclos na máquina de desgaste de Los Angeles, sem bolas de aço. Este ensaio pode ser realizado, tanto a seco como a húmido, simulando no laboratório a ação abrasiva tanto do trânsito com a influência da água. A norma espanhola NLT 352/00 (CEDEX, 2000) descreve o procedimento de ensaio para os provetes secos e a norma NLT 362/92 (CEDEX, 1992) descreve o procedimento de ensaio para os provetes húmidos.

O ensaio consiste em moldar 8 provetes, dos quais 4 são colocados numa câmara húmida a 25° C durante 24 horas e os restantes são inicialmente imersos em água a 60° C, onde ficam durante 24 horas e depois são retirados da água e mantidos numa câmara de climatização a 25° C, também durante 24 horas. Após a moldagem dos provetes estes são previamente medidos e pesados.

Depois do descrito anteriormente, os provetes são colocados individualmente no tambor da máquina de abrasão Los Angeles, em seguida submetidos a 300 ciclos a uma velocidade constante e controlada entre 30 rpm e 33 rpm.

Após as 300 rotações os provetes são pesados, sendo possível calcular a perda de peso dos mesmos. Este ensaio permite também avaliar indiretamente a coesão, assim como a resistência à desagregação da mistura perante a sucção e os efeitos abrasivos originados pelo tráfego.

Na Figura 8 apresenta-se a máquina de ensaio e o efeito produzido nos provetes.



Fig. 8 – Máquina de Los Angeles e provetes ensaiados.

❖ BÉLGICA

Na Bélgica, os pavimentos drenantes tem sido objeto de estudo desde 1979, nomeadamente no Centre de Recherches Routières. Este organismo levou a cabo a construção da maior parte de estradas experimentais e estudou numerosos aspetos deste tipo de pavimento, tais como:

- Composição;
- Processo de fabrico;
- Mistura em obra;
- Avaliação da permeabilidade;
- Avaliação do ruído de rolamento;
- Características do ligante;
- Degradações;
- Análise económica;
- Materiais adotados.

A primeira experiência resultou, na execução de um trecho de 2700 m², de uma estrada cujo tráfego diário era de 700 veículos por cada sentido de tráfego.

Na Bélgica verificou-se que a utilização de betumes em misturas betuminosas, era maioritariamente de betumes modificados, onde 60 % dos casos usavam betume em pó de borracha e em 30 % betume com adição de polímeros, tendo sido utilizado em 10 % dos casos betume de pavimentação. Tal facto explica-se pelo facto de o betume de pavimentação ter tendência para um envelhecimento mais rápido. (Oliveira, 1995)

A Administration de Routes, na Bélgica introduziu prescrições relativas aos pavimentos drenantes, que entraram em vigor em abril de 1986, sendo essencialmente de 4 tipos:

- aos materiais elementares;
- às misturas e tipos;
- à fabricação e colocação em obra;
- ao resultado a obter.

❖ ALEMANHA

Na Alemanha as camadas drenantes são usadas desde a década de 70 e atualmente desenvolvem-se estudos relacionados com a contaminação da água que passa por estes pavimentos. (Hernández, 2008)

❖ SUÍÇA

Na Suíça, só em 1982 se executou o primeiro pavimento drenante, com monitorizações constante para avaliação da durabilidade. (Oliveira, 2003)

Neste país, foram observados pavimentos porosos em serviço, de granulometria 0/10 e 0/16, com 15 a 20% de vazios, geralmente com betume modificado com polímero. Os aspetos observados foram a aderência, a permeabilidade, o ruído e o efeito do inverno rigoroso.

❖ HOLANDA

As primeiras aplicações de camadas drenantes, na Holanda, datam de 1972. Inicialmente, o interesse que se verificou sobre estes pavimentos foi devido à procura de uma melhoria na segurança, tendo em conta o clima relativamente chuvoso do país. Mais tarde, nos anos 80, o principal motivo do seu desenvolvimento foi a redução do ruído do tráfego.

Em 1990 já existiam 4500 km de pavimentos drenantes na rede nacional, sendo 2000 km em autoestradas. A decisão da construção de uma tão grande extensão de pavimentos drenantes teve por base um estudo técnico-económico, do tipo custo-benefício. A metodologia utilizada foi a de fazer uma análise comparativa entre misturas drenantes e misturas betuminosas resultando cada uma das suas características, para depois fazer uma análise custo-benefício global. Os aspetos analisados foram (Oliveira, 1995):

- Contribuição para a estrutura;
- Resistência à formação de rodeiras;
- Durabilidade;

- Efeito sobre a segurança rodoviária;
- Efeito sobre o comportamento dos condutores;
- Efeito sobre o ruído do tráfego;
- Viabilidade invernal;
- Conservação.

“No aspeto de segurança rodoviária, o estudo baseou-se no facto das taxas de acidentes em tempo de chuva, sobre os pavimentos convencionais, serem 3 vezes superiores às verificadas em tempo seco, o que supôs um aumento considerável sobre a utilização dos pavimentos drenantes. Assim em consequência deste estudo, foi decidido utilizar misturas betuminosas drenantes principalmente em pavimentos de autoestradas com tráfego superior a 3500, veículos por dia.” (Oliveira, 1995, 48)

A Holanda foi pioneira em desenvolver um tipo de pavimento, com camada de desgaste em misturas drenantes, para tabuleiros de pontes metálicas, constituído por 5 camadas distintas.

- camada de resina epoxy para evitar a corrosão do tabuleiro;
- membrana hidrocarbonatada para prevenir a infiltração da água na camada inferior;
- camada de argamassa betuminosa, de 30 mm;
- segunda membrana para evacuar a água e para evitar a infiltração na camada subjacente;
- camada de desgaste .

Para este tipo de aplicação os materiais devem satisfazer um número muito grande de exigências. O betume deve contribuir eficazmente para uma alta resistência da mistura e deve ser pouco sensível ao endurecimento por envelhecimento. A mistura deve ter uma boa adesividade e uma boa resistência à deformação. A camada drenante deve ser realizada em ligante modificado para melhorar a ductilidade, necessitando de aditivos apropriados antigelo para obter resistência a grandes descidas de temperatura (nas pontes a descida de temperatura é mais rápida do que no solo adjacente (Oliveira, 1995).

❖ ÁUSTRIA

A primeira secção experimental realizou-se em 1984, no Tirol (autoestrada A-12) sobre um pavimento de betão de cimento. Em 1989, perto de 10 % das camadas superficiais do sistema de autoestradas eram camadas drenantes.

Em 1997 na Áustria utilizavam-se no fabrico de misturas betuminosas drenantes 3 tipos de ligante:

- Betume de pavimentação de penetração 100 modificado por finos de borracha e um óleo altamente aromático;
- Betume modificado por adição de polímeros de fibras minerais ou orgânicas;
- Betume modificado por polímeros elastómeros e borracha termoplástica.

❖ ITÁLIA

Em Itália foram desenvolvidas campanhas de observação em 1988, que envolveu 1 200 000 m² de camada drenante.

Quanto a viabilidade, foi observado em várias autoestradas que a neve se fixa mais facilmente nos pavimentos drenantes e permanece mais tempo, frequentemente com a formação rápida de gelo.

A espessura da camada drenante pode ser limitada a 2 cm somente no caso de se querer praticar uma beneficiação parcial e económica de um pavimento com patologias superficiais. Neste caso, a camada não tem funções estruturais e a sua única função é a de melhorar o revestimento. Se se quiser que a camada participe na resistência estrutural do pavimento, é necessário adotar espessuras da ordem dos 4 a 5 cm.

❖ REINO UNIDO

As camadas drenantes foram introduzidas, no reino Unido, pelo Transportation Research Laboratory (TRL). No entanto este tipo de pavimento não se desenvolveu de imediato devido à dúvida sobre a permeabilidade, capacidade de reduzir a projeção da água e sobretudo a sua durabilidade.

Assim em 1988, foi introduzida uma norma BS para este tipo de camada, com uma granulometria de 0/ 20, com betume de pavimentação de penetração 100 com baixa percentagem de ligante (3,7%), o que, de acordo com a experiência, induz uma duração de vida do pavimento não superior a 6 anos, com tráfego médio.

❖ PORTUGAL

Em Portugal, o primeiro pavimento drenante foi aplicado em 1993 e 1994, na autoestrada A3-Sublanço Cruz/Braga, concessionada pela BRISA, numa extensão de cerca de 12 km.

A utilização deste tipo de camada teve, desde então, e durante os anos 90 uma evolução muito modesta. Mais tarde, e já nesta década, estes pavimentos tiveram um grande impulso, alargando-se a uma percentagem muito significativa da rede rodoviária no país.

Seguidamente apresenta-se nos Quadros 1, 2, 3, 4, 5 e 6 um levantamento a nível Nacional da rede rodoviária que à data, se encontra pavimentada com camada drenante.

Quadro 1 – Secções da rede viária sob gestão direta das EP, com camada drenante de desgaste.

Distrito	Estrada	Lanço	km Inicial do Lanço	km Final do Lanço	Ano de Intervenção
Aveiro	EN235	Variante de oliveira do bairro / Sangalhos	18.3	26	2005
Aveiro	EN235	Ponte do Canha	26.3	26.9	2009
Guarda	ER338	Beneficiação entre Portela do Arão e a Lagoa Comprida	11.8	21.026	2006
Lisboa	IC15 (V.DUARTE PACHECO)	Reabilitação e Beneficiação do Viaduto Duarte Pacheco	0	0.75	2003
Porto	EM101-5	Reabilitação funcional dos pavimentos das EE.NN. 207-1 e 101-5	0	3.575	2001

Quadro 2 – Rede viária sob gestão da Brisa, com camada drenante de desgaste.

Concessão	Autoestrada	Lanço	Extensão (km)	Extensão Total (km)
Norte	A1	Carregado - Leiria	83,2	226,6
		Leiria - Coimbra (Norte)	59,5	
		Coimbra (Norte) - Aveiro (Sul)	35,3	
		Aveiro (Sul) - Carvalhos	48,6	
Porto / Valença	A3	Porto - Braga (Oeste)	47,0	106,5
		Braga (Oeste) - Valença	59,5	
Porto / Amarante	A4	Águas Santas - Amarante	30,0	30,0
Costa do Estoril	A5	Estádio Nacional - Cascais	10,0	10,0
Figueira da Foz / Coimbra (Norte)	A14	Vila Verde- Zombaria	35,6	35,6

Quadro 3 – Rede viária sob gestão da Brisal, com camada drenante de desgaste.

Concessão	Autoestrada	Lanço	Extensão (km)	Extensão Total (km)
Litoral Centro	A17	Marinha Grande (A8) - Mira	92,7	92,7

Quadro 4 – Rede viária sob gestão da AEDL, com camada drenante de desgaste.

Concessão	Autoestrada	Lanço	km Inicial do Lanço	km Final do Lanço	Extensão Total (km)
Douro Litoral	A41 – IC24	Espinho (IC1) – Picoto (IC2)	27+300	29+840	10,6
			32+165	33+775	
			38+100	38+800	
			42+750	44+088	
			44+738	44+800	
			45+400	46+050	
			51+000	51+500	
			52+825	53+200	
	A43 – IC29	Ponte do Freixo Norte (IP1) – Gondomar	54+000	56+800	3,0
			7+400	7+925	
			10+400	11+640	
			11+886	12+305	
			14+325	17+175	

Quadro 5 – Rede viária sob gestão da Ascendi, com camada drenante de desgaste.

Concessão	Autoestrada	Lanço	Extensão (km)	km Inicial do Lanço	km Final do Lanço	Abertura ao Tráfego
Norte	A7	Póvoa de Varzim / Ave	33,313	0+000	33+313	2005
		Selho / Fafe	18,771	37+625	56+396	2005
	A11	Apúlia / EN205	3,981	0+000	3+981	2011
		EN205 / Braga Ferreiros	23,414	3+981	27+395	2005
		Celeirós /Guimarães Oeste	12,767	30+342	43+109	2003
		Calvos / Castelões (A4)	24,964	53+986	78+950	2006
Costa de Prata	A29	Angeja (A25/A29)/Estarreja	12,066	0+000	12+066	2009
		Estarreja / Maceda	17,195	12+066	29+261	2004
		Maceda / Miramar	16,074	29+261	45+335	2002 e 2011
		Miramar / IP1	7,475	45+335	52+810	2004
	A44	Nó da (A29/A44) / EN109	0,741	0+000	0+741	2004
		EN109 / Madalena	2,362	0+741	3+103	2004
		Madalena / Coimbrões	0,823	3+103	3+926	2011
	A17	Mira / Aveiro Nascente	25,090	92+000	117+090	2004
Grande Porto	A41	Alfena / Nó da (A41/A42)	8,583	14+645	23+228	2005
	A42	Nó da (A41/A42) / Paços de Ferreira Este	10,049	0+000	10+049	2005
		Paços de Ferreira Este / EN106 Norte	3,802	10+049	13+851	2006
		EN106 Norte / Lousada (A42)	5,816	13+851	19+667	2006
	VRI	Aeroporto / Custóias	2,904	0+000	2+904	2006

Quadro 6 – Rede viária sob gestão da Scutvias, com camada drenante de desgaste.

Concessão	Autoestrada	Lanço	Extensão (km)	km Inicial do Lanço	km Final do Lanço	Ano de Intervenção
Beira Interior	A23	Abrantes – Guarda	0,60	175+600	176+200	2003

Na Figura 9, apresenta-se um mapa de Portugal com a representação das várias concessionárias do país.



Fig. 9 – Representação das várias concessionárias em Portugal.

2.3.3. EXPERIENCIA NO RESTO DO MUNDO

❖ BRASIL

No Brasil, surgem as primeiras experiências em camadas drenantes na década de 80, com a aplicação em aeroportos. Em 1983 houve uma aplicação no aeroporto de Confins em Belo Horizonte-MG. Já em 1997 realizaram um trecho experimental em São Paulo com 2 km de extensão situado na via marginal da estrada Presidente Dutra (BR-116) cuja espessura era de 4 cm e apresentava uma percentagem de vazios de 18%. (Oliveira, 2003)

❖ JAPÃO

Segundo Takahashi & Partl (1999), no Japão têm sido aplicadas camadas drenantes desde 1989. O Japan Highway Public Corporation (JH), agência governamental responsável pelas vias rodoviárias do Japão, acompanha desde 1991 o desempenho destes pavimentos e em 1998, foi decidido adotar-se como padrão a utilização de camadas drenantes em todas as estradas a serem construídas. (Oliveira, 2003)

❖ ÍNDIA

Na Índia, foi elaborado um relatório intitulado "Field Evalution of Porous Asphalt Pavement" sobre vantagens em termos de redução de ruído e projeção de spray de água pelas camadas drenantes. Este relatório baseia-se apenas em observações visuais, e considera que com os pavimentos drenantes se obtêm um aumento da visibilidade em épocas de chuva e uma melhoria das condições de segurança da circulação durante esses períodos. (McDaniel, Thornton, & Jorge, 2004)

❖ ESTADOS UNIDOS

Nos Estados Unidos, a aplicação de camadas drenantes é frequente em parques e campos de jogos, e muito rara em autoestradas. No entanto, a sua aplicação na Europa é generalizada. (Adams, 2003)

2.4. ESPECIFICAÇÕES NORMATIVAS NAS MISTURAS BETUMINOSAS DRENANTES

2.4.1. NORMAS EUROPEIAS

A Norma Europeia EN 13108-7 – Bituminous mixtures- Material specifications- Part 7: Porous asphalt (CEN, 2006) especifica os requisitos para as misturas betuminosas do grupo do betão betuminoso drenante, produzidas a quente, e deve ser utilizada em conjunto com as NP EN 13108-20 e NP EN 13108-21.

Esta norma especifica uma nova designação para o betão betuminoso drenante, a qual inclui, para além das siglas relativas a este tipo de mistura (PA), a abertura do peneiro superior do agregado na mistura, em mm (D) e a designação do betume utilizado (ligante). À semelhança do grupo do betão betuminoso foram acrescentadas siglas referentes às iniciais da designação da mistura em Português (Betão Betuminoso drenante). No caso do betão betuminoso drenante especificado no Caderno de Encargos, a nova designação é: PA 12,5 ligante (BBd).

Sabe-se que na indústria de pavimentação europeia é prática comum o uso de aditivos com pigmentos inorgânicos ou fibras orgânicas, ceras, etc, que não são abrangidos por uma norma europeia ou ETA. Esta norma permite o uso destes materiais.

2.4.1.1. Agregados

Os agregados que devem ser usados para misturas betuminosas drenantes (Betão Betuminoso drenante) devem estar em conformidade com a norma EN 13043.

Atualmente esta norma autoriza a utilização de agregado fresado, cujas propriedades dos agregados devem obedecer aos requisitos especificados para o uso pretendido e declarado em conformidade com a norma EN 15108-8. O peneiro superior do agregado fresado não deve, exceder a dimensão do peneiro da mistura (D).

2.4.1.2. Fíler

O fíler autorizado nas misturas betuminosas drenantes, inclui materiais como cimento e cal hidratada. O mesmo deve estar em conformidade com a norma EN 13043.

2.4.1.3. Ligante

O ligante deve ser um betume de pavimentação ou betume modificado. O betume de pavimentação deve estar em conformidade com a norma EN 12591 e o betume modificado deve estar em conformidade com a norma EN 14023.

2.4.1.4. Mistura Betuminosa

A norma EN 13108-7 (CEN, 2006) define que a classificação dos agregados é expressa por massa de agregado total, utilizando a série de peneiros base mais série 2, que se exprime em termos de valores máximos e mínimos de acordo com a percentagem de passados nos peneiros 1,4 D, D, 2mm e 0,063mm. Além destes, podem ser incluídos um ou dois peneiros opcionais entre D e 2 mm, e um peneiro opcional de finos entre 2 mm e 0,063 mm.

A abertura do peneiro superior do agregado da mistura é definida por (D) em mm, e os peneiros opcionais devem ser inseridos entre D e 2 mm, os quais devem ser selecionados entre os peneiros seguintes:

- Série 2: 4 mm; 6,3 mm; 8 mm; 10 mm; 12,5 mm; 14 mm; 16 mm; 20 mm.

O peneiro opcional de finos será escolhido entre os seguintes peneiros:

- 1 mm, 0,5 mm; 0,25 mm e 0,125 mm.

O Quadro 7 especifica os limites de classificação geral para as misturas betuminosas drenantes. A composição da mistura deve situar-se dentro deste fuso.

Quadro 7 – Limites globais de composição da mistura (CEN, 2006).

Peneiro (mm)	Porcentagem acumulada do material passado
1,4 D(a)	100
D	90 a 100
2	5 a 25
0,063	2 a 10
(a) Quando o peneiro calculado como 1,4 D não é um número exato no ISO 565/R 20 série, escolhe-se o peneiro mais próxima do conjunto	

A percentagem mínima de ligante para a composição da mistura deve ser selecionada de acordo com as categorias da Tabela 3 da presente norma. Os requisitos de teor de ligante devem ser corrigidos pela equação (1):

$$\alpha = \frac{2,650}{\rho_d} \quad (1)$$

onde

ρ_d – é a densidade de partícula média do agregado, em (Mg/m³), determinada de acordo com a norma EN 1097-6.

A capacidade de drenagem nas misturas betuminosas drenantes, deve ser definida em função da porosidade e em função da permeabilidade horizontal ou vertical.

A porosidade das amostras preparadas de acordo com a norma EN 13108-20 deve situar-se entre os valores máximo e mínimo selecionados a partir das categorias de índice de vazios na Tabela 4 e Tabela 5 da presente norma.

A permeabilidade horizontal mínima ou a permeabilidade vertical mínima de provetes preparados de acordo com a norma EN 13108-20, devem ser selecionadas a partir das categorias na Tabela 6 ou Tabela 7 da norma.

2.4.2. NORMAS PORTUGUESAS

Neste subcapítulo pretende-se dar a conhecer as exigências normativas aplicadas em Portugal, baseando-se fundamentalmente no Cadernos de Encargos Tipo Obra das Estradas de Portugal (EP), designado por, C.E.

O capítulo 14.03 – Pavimentação, do C.E. apresenta rubricas com requisitos relativos aos diferentes materiais, especificações das propriedades, valores limite associados, métodos respetivos de ensaio descritos nas diferentes normas e documentos aplicáveis. (Estradas de Portugal, 2012)

As misturas betuminosas drenantes, incluem-se no C.E. no grupo de camadas de misturas betuminosas com características de desgaste, inseridas nas misturas betuminosas a quente. Estas misturas devem cumprir exigências descritas no C.E nomeadamente no que diz respeito aos agregados, ligantes e mistura, as quais serão apresentadas no presente capítulo.

Os requisitos granulométricos dos agregados das misturas betuminosas a quente são apresentados nos quadros 14.03.2b, 14.03.2e, 14.03.2h e 14.03.2l do C.E.. Tais requisitos são definidos de acordo com (Estradas de Portugal, 2012):

- *“as disposições constantes da NP EN 13043, caso se tratem de agregados a utilizar nas camadas de misturas betuminosas a quente (por exemplo, os agregados duros para o AC 14 surf da rubrica 14.03.2.4.5). Nestes casos, os agregados são definidos em termos das suas dimensões, usando as designações d/D. É especificada uma categoria para a granulometria e são cumpridos os requisitos gerais indicados na NP EN 13242 para os peneiros 2D, 1,4D, D, d e d/2, quando aplicável. Com vista ao melhor enquadramento do produto na respetiva utilização prevista, são igualmente especificados requisitos adicionais para a percentagem de passados nos peneiros indicados”;*
- *“as disposições constantes da EN 13108-1 Bituminous mixtures- Material specifications- Part 1: Asphalt concrete, aplicável a misturas do grupo betão betuminoso. Os fusos granulométricos têm em consideração os peneiros da “Série Base mais a Série 2” indicados na NP EN 13043 e são os que melhor se adaptam às misturas produzidas em Portugal. Todos os fusos têm em consideração os seguintes peneiros: 1,4D, D, peneiro característico intermédio, peneiro extra opcional, 2 mm, peneiro característico intermédio, peneiro extra opcional e 0,063 mm”;*
- *“as disposições constantes da EN 13108-7- Bituminous mixtures- Material specifications- Part 7: Porous asphalt, aplicável a misturas do grupo betão betuminoso drenante”;*
- *“a percentagem de material passado numa série de peneiros de acordo com a NP EN 933-2, quando os requisitos granulométricos aplicáveis à mistura não se enquadram em nenhuma das três Normas acima referidas (por exemplo, as misturas betuminosas com betume modificado com alta percentagem de borracha)”.*

2.4.2.1. Agregados

Os requisitos dos agregados para camadas de misturas betuminosas a quente com características de desgaste são, apresentados no C.E. nos quadros 14.03.2l e 14.03.2m. Tais requisitos são definidos de acordo com as disposições constantes na Norma Portuguesa NP EN 13043, aplicável aos agregados obtidos a partir do processamento de materiais naturais para utilização em misturas betuminosas

Os agregados utilizados no fabrico de misturas drenantes, devem ser resistentes à fragmentação e ao desgaste eventualmente produzido pelo tráfego. Por esta razão, estes agregados devem apresentar-se homogêneos e não devem conter matéria orgânica ou outro tipo de substâncias que afetem as misturas. Devem ser provenientes da transformação mecânica de rochas duras, não alteráveis, ter uma boa forma e ser resistentes à rotura e à degradação induzidas pelo efeito de abrasão e de fragmentação do tráfego, resistência, esta, que é avaliada através do ensaio de Los Angeles (resistência à fragmentação).

Quando os agregados são empregues em camadas de desgaste, as partículas dos agregados devem ter uma elevada resistência ao polimento, o que é avaliado através do ensaio de coeficiente de polimento acelerado.

Nas misturas betuminosas drenantes poderão ser empregues agregados naturais, artificiais e reciclados desde que cumpram o especificado no Quadro 14.03.2.4.2m do CE.

“Um agregado natural é um agregado de origem mineral que foi sujeito apenas a processamento mecânico. O agregado artificial é um agregado de origem mineral resultante de um processamento industrial compreendendo modificações térmicas ou outras. Um agregado reciclado é um agregado

resultante do processamento de materiais inorgânicos anteriormente utilizados na construção". (Estradas de Portugal, 2012)

No Quadro 8 e 9 apresentam-se os requisitos para misturas betuminosas drenantes, transcritos do C.E.

Quadro 8 – Propriedades dos agregados a usar em misturas betuminosas drenante PA12,5 (Estradas de Portugal, 2012).

Requisitos/Propriedades	Ref ^a normativa	Uni.	PA 12,5 (BBd)
			Rubrica 14.03.2.4.2
			MBF10
Qualidade dos finos	NP EN 933-9	g/Kg	Satisfazer os requisitos aplicáveis aos fíleres, de acordo com o especificado no Quadro 14.3.0-3b.
3%-10% ^(a)			
>10% ^(b)			
Forma do agregado grosso – Índice de achatamento	NP EN 933-3	-	FI ₁₅
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos	NP EN 933-5	%	C100/0
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2 secção 5	%	LA ₂₀ ^(c)
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval	NP EN 1097-1	%	M _{DE} 15
Resistência ao polimento do agregado grosso para camadas de desgaste	NP EN 1097-8	%	PSV ₅₀
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	≤ 1
Baridade	NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)] ^(d)	NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se WA >2, o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS35
Resistência ao choque térmico	NP EN 1367-5 NP EN 1097-2 secção 5	%	A declarar
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos	EN 12697- 1	-	A declarar

Requisitos/Propriedades	Refª normativa	Uni.	PA 12,5 (BBd)
			Rubrica 14.03.2.4.2
"Sonnenbrand" do basalto ^(e)	NP EN 1367-3 NP EN 1097-2 secção 5	%	Perda de massa após a ebulição ≤ 1 e SBLA ≤ 8

Legenda:

- (a) - Quando a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm no agregado fino, estiver compreendido entre 3% e 10%, em massa, deve ser avaliada a nocividade dos finos da fração 0/0,125 mm e o valor do ensaio de azul de metileno deve estar enquadrado na categoria MBF10.
- (b) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for superior a 10 % (em massa), os finos devem cumprir os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.03.0-3b.
- (c) - Para rochas granitoides (de acordo com nomenclatura indicada na descrição petrográfica simplificada): LA30
- (d) - Para agregados suscetíveis de degradação pela ação do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem. Se a absorção de água não for superior ao valor especificado na categoria WA242 o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo. Se a absorção de água for superior a WA242, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS35.
- (e) - Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand".

Quadro 9 – Fuso granulométrico da mistura betuminosa drenante PA 12,5 (Estradas de Portugal, 2012).

Peneiros Serie base + Serie 2	Unidades	Rubrica 14.03.2.4.2	
		Percentagem acumulada do material passado	
20	mm	1,4D	100
12,5		D	90-100
10		(o1)	55-75
4		(o1)	12-30
2		2	11-18
1		(o2)	6-14
0,063		0,063	2-5

Legenda:

- D - abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros;
- (o1) - peneiro extra opcional entre D e 2 mm;
- (o2) - peneiro extra opcional entre 2 e 0,063 mm;

2.4.2.2. Fíler

A designação fíler é atribuída a todo o agregado cuja maior parte passa no peneiro de 0,063 mm e que pode ser adicionado aos materiais de construção para lhes conferir certas propriedades.

Os fíleres utilizados nas camadas de desgaste, incluindo as misturas betuminosas drenantes, devem cumprir os requisitos do Quadro 14.03.0-3a e Quadro 14.03.0-3b, do C.E.. Como fíler deve ser utilizado fíler comercial e/ou fíler recuperado, proveniente da transformação mecânica dos agregados, por forma a dispor-se de partículas não hidrófilas, que se misturem bem com o betume, para obter um bom mástique. Para alcançar este objetivo, as partículas de fíler devem ser finas e não plásticas que devem respeitar o Quadro 10.

O fíler recuperado pode ser de qualquer natureza petrográfica, pois dependerá da natureza petrográfica do agregado utilizado para o fabrico da mistura betuminosa. O fíler comercial deverá ser de natureza calcária, cimento do tipo Portland, cal hidráulica ou cinzas volantes.

Quadro 10 – Requisitos granulométricos para o fíler. (Estradas de Portugal, 2012).

Dimensão dos Peneiros (mm)	Norma do ensaio	Percentagem acumulado do material passado	
		Limites inferiores e superiores para resultados individuais	Amplitude máxima da granulometria declarada pelo produtor ^(a)
2		100	-
0,125	EN 933-11	85 – 100	10
0,063		70 – 100	10

^(a) Ver norma NP EN 13043, secção 5.2.1

2.4.2.3. Ligante

O ligante betuminoso é um componente essencial da mistura betuminosa, uma vez que liga os agregados e fornece coesão e estabilidade à mistura betuminosa.

Este possui qualidades e características que o diferenciam significativamente dos outros ligantes em pavimentação, como por exemplo os ligantes hidráulicos. Enquanto as misturas com ligantes hidráulicos possuem elevada rigidez, os ligantes betuminosos proporcionam ligações tenazes e flexíveis aos materiais com eles tratados. Este aspeto deve-se à característica viscoelástica do betume, cujo comportamento varia com a temperatura e velocidade de aplicação das cargas, o que lhe permite comportar-se desde um material flexível, com baixo módulo de rigidez e muito deformável, que se adapta às deformações e assentamentos das camadas do pavimento sem fendilhar, até um comportamento de um material estável e tenaz, com elevado módulo e resposta elástica, quando submetido às ações do tráfego rápido e baixas temperaturas.

Uma vez que o comportamento do betume varia com a temperatura, é necessário empregar, em cada caso e para cada mistura, ligantes betuminosos compatíveis com a gama de temperaturas a que estará sujeita a mistura betuminosa quando integrada no pavimento. Quando esta temperatura alcança valores próximos da temperatura de anel e bola do betume (ponto de amolecimento), a mistura pode perder a sua estabilidade. Em oposição, quando a temperatura do pavimento desce para valores inferiores ao ponto de fragilidade do betume, a mistura betuminosa torna-se frágil e fendilha facilmente.

Nas misturas betuminosas drenantes o ligante utilizado, é betume modificado, cujas propriedades reológicas foram modificadas durante o fabrico pela utilização de um ou mais agentes químicos, de forma a conferir à mistura menos suscetibilidade térmica, maior flexibilidade e melhorar outras características que devem respeitar o quadro 14.03.0-4b do C.E.. Porém estas características devem estar de acordo com a NP EN 14023 - Betumes e ligantes betuminosos. (Estradas de Portugal, 2012)

No Quadro 11, apresentam-se as especificações que este tipo de betumes deve respeitar.

Quadro 11 – Requisitos/Propriedades dos betumes modificados. (Estradas de Portugal, 2012).

Requisitos	Propriedades	Ref. normativa.	Unid	PMB – 45/80-65 Misturas que exijam betume modificado em estradas com volume de tráfego elevado (incluindo argamassas)
Consistência a temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25 °C	EN 1426	0,1 mm	Classe 4 (45 – 80)
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 5 (≥ 65)
Coesão	Força de ductilidade (tração a 50 mm/min)	EN 13589 EN 13703	J/cm ²	Classe 2 (≥ 2 a 5°C)
Durabilidade(a) (Resistência ao envelhecimento - RTFOT a 163 °C, NP EN 12607-1)	Penetração retida		%	Classe 7 (≥ 60)
	Aumento da temperatura de amolecimento	EN 12697-1	°C	Classe 3 (≤ 10)
	Variação em massa (valor absoluto)		%	Classe 5 (≤ 1)
Outros Requisitos	Recuperação elástica a 25°C	EN 13398	%	Classe 3 (≥ 70)
	Temperatura de fragilidade de Fraass	EN 12593	°C	Classe 7 (≤ -15)
	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	Classe 3 (≥ 235)
Estabilidade ao armazenamento	Variação da temperatura de amolecimento	EN 13399 EN 1427	°C	Classe 2 (≤ 5)
	ou	EN 13399	0,1 mm	Classe 2 (≤ 9)
	Variação na penetração	EN 1426		

^(a) O ensaio de referência é o RTFOT a 163 °C. Para alguns betumes modificados com polímeros, muito viscosos, onde a viscosidade é demasiado elevada para que se produza uma película em movimento, não é possível efetuar o RTFOT à temperatura de referência a 163 °C. Nestes casos o procedimento deve ser efetuado a 180 °C de acordo com a EN 12607-1.

“a declarar” - Nível ou intervalo a reportar pelo fornecedor.

2.4.2.4. Mistura betuminosa drenante

A formulação das misturas betuminosas drenantes surge como um compromisso entre a permeabilidade, porosidade e a resistência à desagregação.

O problema que se coloca é que o aumento da porosidade supõe à partida uma perda de coesão e uma menor resistência à desagregação da mistura fabricada. Desta forma é fundamental chegar a uma solução que melhora as suas propriedades e conseguir ao mesmo tempo uma elevada porosidade e uma adequada coesão utilizando ligantes especiais. Dai que o ligante betuminoso desempenhe um papel fundamental: o de assegurar, por um lado, a coesão do conjunto e, por outro, dotar a mistura da resistência necessária.

O Quadro 14.03.2n do C.E. especifica os requisitos da mistura betuminosa para camadas betuminosas com características de desgaste, que se apresentam no Quadro 12.

Quadro 12 – Características da mistura betuminosa drenante PA 12,5. (Estradas de Portugal, 2012).

Requisitos/ Propriedades	Ref. normativa	Condições específicas de ensaio	Uni.	PA 12,5 (BBd) rubrica 14.03.2.4.2
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.	EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(c) determinada segundo a EN12697-6, procedimento B, provetes saturado com a superfície seca	%	VM _{Amin} NR
Porosidade, V _m	EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na – baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(c) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provetes saturado com a superfície seca	%	V _{min} 22 – V _{max} 30
Relação ponderal de fíler/ligante	-	Estudo de formulação (item15.03.2)	%	Item 14.03.0-3
Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaio de compressão Marshall, mín.	MILSTD- 620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 – 50 pancadas ^(d)	%	80
% de ligante, mín.	-	-	%	B _{min} 4,0 ^(f)
Sensibilidade à água, ITSR, mín	EN 12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 – 50 pancadas, temperatura do ensaio:15° C ^(g)	%	Categoria a declarar
Permeabilidade “in situ”	EN 12697-40	-	s	Categoria a declarar
Permeabilidade “in situ” (permeâmetro LCS)	NLT 327	-	s	10-30
Perda de massa, PL	EN 12697-17	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 – 75 pancadas, temperatura do ensaio: 25° C	%	Categoria a declarar
Ensaio Cântabro húmido ^(h) máx	NLT 362 ⁽ⁱ⁾	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 perda por desgaste: NP EN 1097-2, temperatura do ensaio: 25° C	%	≤ 25

Legenda:

A legenda do presente quadro pode ser consultada, na rubrica 14.03.2.4.2 do Caderno de Encargos das Estradas de Portugal.

2.5. QUANTIFICAÇÃO DA PERMEABILIDADE

A permeabilidade é uma das características mais importantes nas misturas betuminosas drenantes (também denominadas misturas porosas) simultaneamente com a redução de ruído. A permeabilidade é a propriedade que estas camadas apresentam e que proporciona infiltração, captação, transporte e armazenamento ao permitir controlar a escorrência superficial da água da chuva.

A camada drenante escoar a água vinda da superfície do pavimento e através do seu interior até as bermas ou valetas. Deste modo consegue-se mesmo com uma chuvada forte, manter livre de água à superfície do pavimento, o que se repercute na segurança e visibilidade do condutor, deixando de se verificar a projeção da água com a passagem dos veículos, os fenómenos de hidroplanagem e a reflexão de luzes sobre o pavimento molhado. (MOPU, 1987 - novembro)

É a percentagem de vazios que melhor traduz a capacidade de drenagem de uma mistura porosa. Deste modo os poros das misturas drenantes podem ser classificados como:

- Poros eficazes: poros que contribuem para a passagem e armazenamento de água;
- Poros semieficazes: poros que não contribuem para a passagem, mas permitem o armazenamento de água;
- Poros ineficazes: poros que não contribuem para a passagem nem armazenamento da água.

Na Figura 10, ilustram-se os três tipos de vazios numa mistura betuminosa drenante.

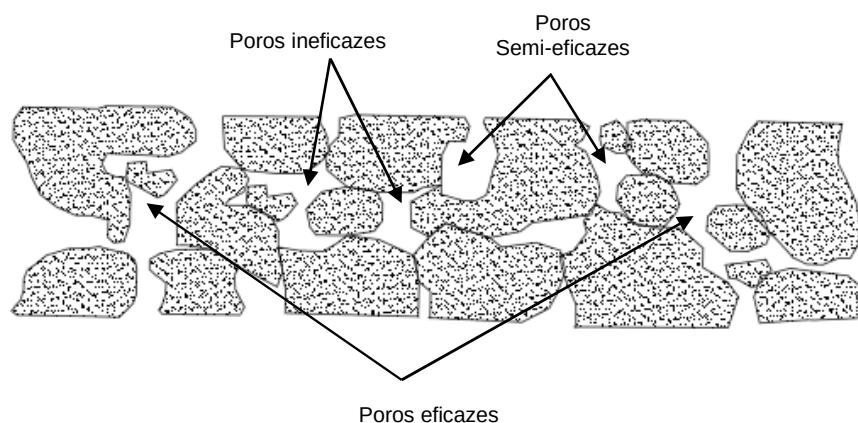


Fig. 10 – Representação dos vazios na mistura betuminosa drenante.

A evolução da percentagem de vazios e da permeabilidade das misturas betuminosas drenantes parece depender de numerosos fatores difíceis de equacionar, como sejam a granulometria, a natureza do ligante, etc.

Tratando-se de uma característica tão importante, é imprescindível dispor de meios que permitam quantificar a permeabilidade em misturas betuminosas, quer em laboratório quer “in situ”. Existem dois tipos de permeâmetros muito utilizados para este efeito:

- Permeâmetro de carga hidráulica constante, para determinar a permeabilidade em laboratório;
- Permeâmetro de carga hidráulica variável, para determinar a permeabilidade “in situ”.

Com o objetivo de avaliar esta característica, o Laboratorio de Caminos y Aeropuertos de la Escuela de Caminos de Santander desenvolveu em 1988 um permeâmetro, o permeâmetro LCS. Este equipamento permite avaliar, “in situ”, a permeabilidade da camada, a partir do tempo que um determinado volume de água demora a infiltrar-se no pavimento, homologado pela norma Espanhola NLT 327/00 (CEDEX, 2000) (Figura 11).

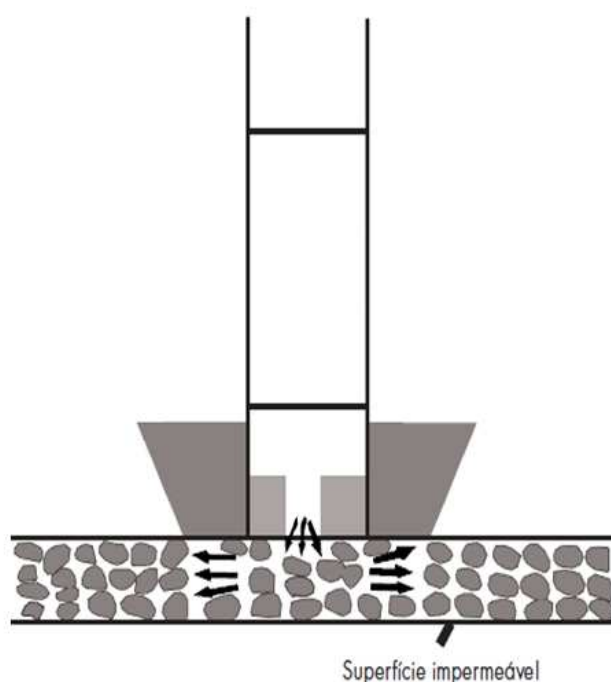


Fig. 11 – Esquema do processo de medição – Permeâmetro LCS. (Paiva).

Atualmente no âmbito do processo de normalização desenvolvido pelo CEN, Comité Europeu de Normalização, referente à marcação CE na comercialização de Misturas Betuminosas, exige o cumprimento dos requisitos descritos no conjunto de Normas EN 13108, o que conduziu à necessidade de modificações das especificações nacionais, tendo com base novos ensaios referidos na presente normativa.

Deste modo surgem as normas EN 12697, que apresentam os procedimentos de ensaio que se efetuam quer em laboratório quer “in situ” para misturas betuminosas, sendo este resultante do processo de harmonização da normativa Europeia. Presentemente é composta por 43 procedimentos de ensaio que abrange toda a tipologia de ensaios para misturas betuminosas (Lozano & Montoro, 2012):

- Ensaios de controlo: percentagem de ligante e granulometria dos agregados;
- Ensaios de caracterização: densidade aparente e determinação de vazios, sensibilidade à água e ensaio de deformação;

- Ensaios fundamentais: rigidez e fadiga;
- Outros métodos de ensaio que apresentam informação complementar do previsível comportamento em determinados tipos de misturas, como por exemplo ensaio de escorrimento, compatibilidade e o ensaio de permeabilidade para as misturas drenantes.

Assim a norma que regulamenta a determinação da permeabilidade em provetes no laboratório para misturas drenantes, é a Norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006) - Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 19: Permeability of specimen. No que diz respeito à determinação da permeabilidade "in situ" é a Norma EN 12697-40 (CEN, 2004) - Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 40: In situ drainability.

No capítulo 4, serão descritos detalhadamente os métodos que permitem quantificar a permeabilidade nas misturas betuminosas.

2.5.1. LEI DE DARCY

Para a analisar a questão da drenagem interna nas camadas de desgaste dos pavimentos drenantes é imperativo compreender alguns conceitos da mecânica dos fluidos. O caudal de água que percorre a camada drenante pode ser considerado em regime laminar e o seu fluxo segue a Lei de Darcy. Segunda esta lei, o caudal que ocorre através do material é proporcional ao gradiente hidráulico e à área transversal ao fluxo.

$$Q = k \times i \times S \quad (2)$$

onde

Q – caudal escoado por uma seção de área S, em (cm³/s);

k – Condutividade hidráulica, em (cm/s);

i – Gradiente hidráulico na direção do fluxo, em (m/m);

S – Área da secção de escoamento perpendicular à direção do fluxo, em (cm²).

A experiência de Darcy consistiu em percolar água através de uma amostra de solos de comprimento (L), e uma determinada área de secção (S), a partir de dois reservatórios de nível constante, sendo a diferença de cotas entre ambos (h). Os resultados obtidos pelo engenheiro francês H. Darcy em 1856 indicaram que a velocidade de percolação ($v=Q/S$) era proporcional ao gradiente hidráulico ($i=h/L$).

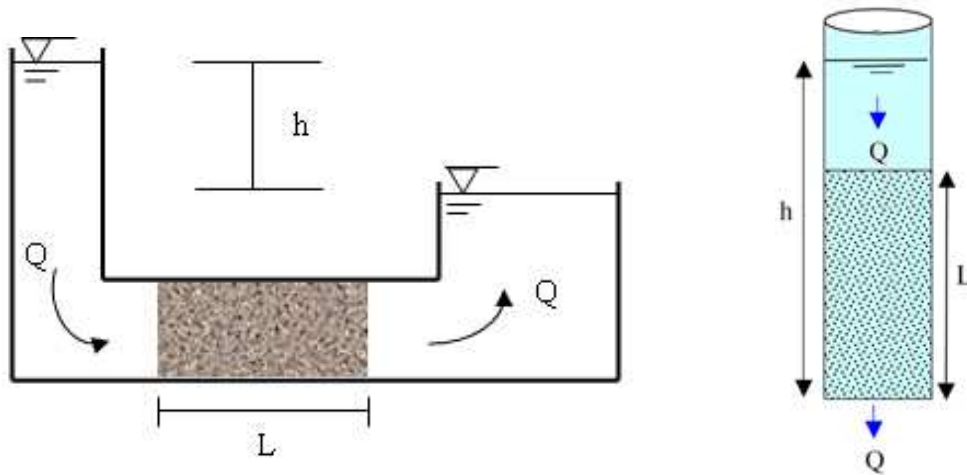


Fig. 12 – Experiência de Darcy.

Deste modo a expressão (2), pode escrever-se da seguinte forma:

$$Q = \frac{k \times S \times h}{L} \quad (3)$$

Logo, o coeficiente de permeabilidade será traduzido pela seguinte expressão:

$$k = \frac{Q \times L}{S \times h} \quad (4)$$

3

INTRODUÇÃO AO TRABALHO EXPERIMENTAL

3.1. ASPETOS GERAIS

O objetivo principal deste trabalho experimental consistiu em quantificar a permeabilidade das misturas betuminosas drenantes preparadas em laboratório e em central. Por outro lado, considerou-se interessante do ponto de vista económico e técnico, produzir misturas betuminosas drenantes em laboratório, substituindo a percentagem de cal hidráulica por cal hidratada e/ou fíler recuperado, com o objetivo de observar os efeitos destes produtos quando usados nas misturas betuminosas drenantes.

Para lá deste objetivo, decidiu-se realizar uma mistura betuminosa drenante com cal hidráulica e incorporação de fibras acrílicas, com o objetivo de averiguar a influência que estas podiam ter na mistura no que se refere à sua permeabilidade.

Quanto à mistura preparada em central moldaram-se provetes com variação de energia para verificar a relação existente entre o grau de compactação e a permeabilidade da mistura. Considerou-se fazer variar a energia de compactação nesta mistura, para não introduzir mais variáveis nas misturas preparadas em laboratório.

Assim foi definido que o estudo incidiria sobre dois parâmetros que condicionam o comportamento destas misturas sendo eles:

- Porosidade;
- Permeabilidade.

O programa experimental foi desenvolvido em quatro fases distintas:

- I. A primeira fase consistiu na identificação e validação dos materiais de acordo com as fichas técnicas e definição da composição da mistura betuminosa drenante a estudar. Os componentes e a formulação utilizada foram fornecidos pela empresa Monte Adriano e dizem respeito à obra de alargamento e beneficiação do sublanço Maia/Santo Tirso da A3 – Autoestrada Porto/Valença.
- II. A segunda fase consistiu na implementação e procedimentos laboratoriais e no fabrico das quatro misturas betuminosas distintas, compactação dos provetes e realização de ensaios
- III. Na terceira fase, realizaram-se carotes no troço do alargamento e beneficiação do sublanço Maia/Santo Tirso da A3 – Autoestrada Porto/Valença. Procedeu-se à recolha de uma amostra de mistura betuminosa drenante produzida em central para moldagem de provetes em laboratório e realização de ensaios de permeabilidade “in situ”.
- IV. Por último, na quarta fase, procedeu-se à análise dos resultados obtidos para as várias misturas betuminosas drenantes produzidas.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS UTILIZADOS

3.2.1. AGREGADOS

Os agregados utilizados para este trabalho são de origem granítica, provenientes da pedreira Vila Verde N.º2 – Fornelo / Vila do Conde.

As misturas betuminosas drenantes apresentam uma estrutura descontínua, sendo frequente as ligações pontuais entre o betume e o agregado, estando essas zonas de contacto particularmente solicitadas. Por esta razão, exige-se nestas misturas agregados de qualidade superior.

Neste trabalho, foram utilizados três agregados com as designações 8/14 drenante, 4/8 drenante e pó 0/4. Para este trabalho não foi realizado um estudo aos agregados no que se refere às suas características geométricas, físicas e químicas.

Nas Figuras 13, 14 e 15, são apresentados os agregados utilizados e apresenta-se as curvas granulométricas dos mesmos. No ponto 3.3.1. apresenta-se um quadro resumo com as frações e características respetivas dos agregados. No entanto, no Anexo A, estão disponíveis as fichas técnicas do produto correspondente a cada agregado.



Fig. 13 – Agregado 8/14 Drenante.



Fig. 14 – Agregado 4/8 Drenante.



Fig. 15 – Pó 0/4.

Na Figura 16, apresenta-se a granulometria correspondente de cada agregado utilizado na mistura betuminosa drenante.

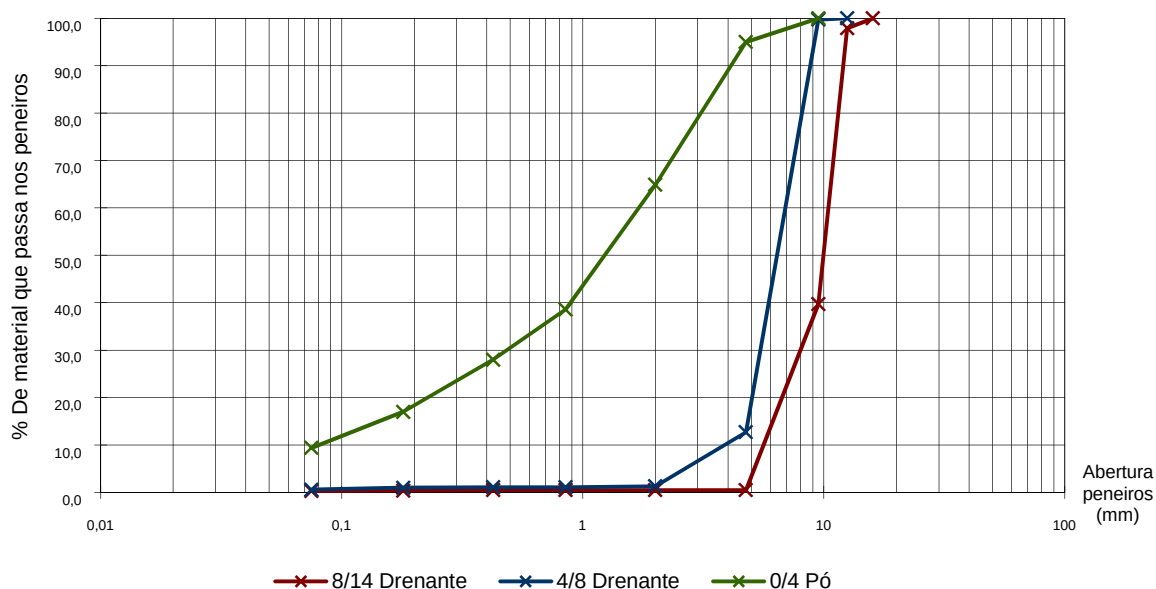


Fig. 16 – Representação das curvas granulométricas dos agregados.

As curvas granulométricas apresentadas são as constantes no estudo de formulação apresentadas pelo empreiteiro ao dono de obra.

3.2.2. FÍLER

O fíler é um componente fundamental nas misturas betuminosas. Este material desempenha duas funções em simultâneo. Para além de preencher os vazios entre a mistura de agregados, permite que haja uma interação físico-química entre si e o ligante o que por sua vez favorece a adesividade, diminuindo a suscetibilidade das misturas à ação da água.

Por outro lado, diminui a porosidade das misturas betuminosas o que pode no caso das misturas em estudo, comprometer a permeabilidade das mesmas.

Neste trabalho experimental foram usados três tipos deste fíler:

- Cal Hidráulica;
- Cal Hidratada;
- Fíler Granítico Recuperado.

Nas Figuras 17, 18 e 19, apresentam-se os fíleres utilizados neste estudo.



Fig. 17 – Fíler Comercial-Cal Hidráulica.



Fig. 18 – Fíler Comercial-Cal Hidratada.



Fig. 19 – Fíler Granítico Recuperado.

O Caderno de Encargos das Estradas de Portugal (Estradas de Portugal, 2012), não faz qualquer tipo de referência à cal hidratada para uso em misturas betuminosas para camadas de desgaste. No entanto decidiu-se estudar o comportamento que este produto tem na quantificação da permeabilidade das misturas betuminosas drenantes.

A cal hidratada utilizada neste trabalho é produzida especialmente para o tratamento das misturas betuminosas, contribuindo para a melhoria dos seus desempenhos e para a sua durabilidade.

As características destes materiais são apresentadas no Quadro 13, retiradas do estudo “Avaliação da Coesão e Adesividade em Misturas Betuminosas Drenantes” desenvolvido por Miguel Teixeira no LGMC. No Anexo B encontra-se disponível a ficha técnica dos produtos utilizados.

Quadro 13 – Características dos fíleres utilizados.

Características	Cal Hidráulica Natural - NHL5	Cal Hidratada - Asphacal [®] H	Fíler Recuperado
Massa volúmica (Mg/m ³)	2,72	2,47	2,53
Volume de vazios (%)	47	59	42
Baridade (Mg/m ³)	0,42	0,19	0,66

3.2.3. LIGANTE

O betume usado neste trabalho, designado por PMB 45/80 – 65, Figura 20, é um betume modificado resultante da interação física e/ou química de polímeros com betume. Este ligante foi fornecido pelo grupo MonteAdriano, S.A., proveniente da GALP. As características são apresentadas na Ficha Técnica que se encontra no Anexo C.



Fig. 20 – PMB 45/80 – 65.

3.2.4. ADITIVO

Na mistura betuminosa drenante estudada foi utilizado o aditivo fornecido pelo grupo MonteAdriano, S.A., proveniente da “Polyram L200”, Figura 21. Com o objetivo de melhorar as características de coesão e adesividade do agregado/betume da mistura betuminosa. No Anexo D apresenta-se a ficha técnica do aditivo.

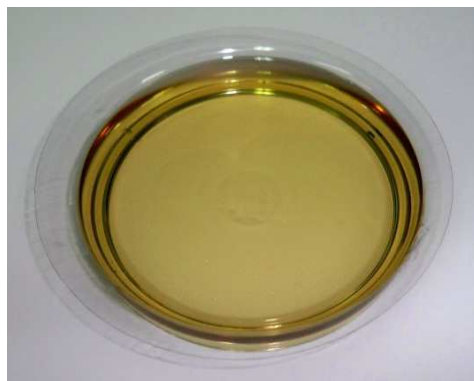


Fig. 21 – Polyram L 200.

3.2.5. FIBRAS ACRÍLICAS

As fibras acrílicas “L60 Fibra de Alta Tenacidade – Asphalt+” foram utilizadas na mistura betuminosa drenante sendo provenientes da Fisipe - Fibras Sintéticas de Portugal, S.A. especialmente recomendadas na construção de vias rodoviárias.

A fibra “Asphalt+” tem um efeito ligante na mistura betuminosa através da formação de uma rede coesiva tridimensional, que melhora as propriedades mecânicas e durabilidade do pavimento. Estas fibras podem representar uma boa solução tecnológica inovadora para os problemas mais comuns em pavimentos flexíveis.

As propriedades deste aditivo são apresentadas na Figura 22.

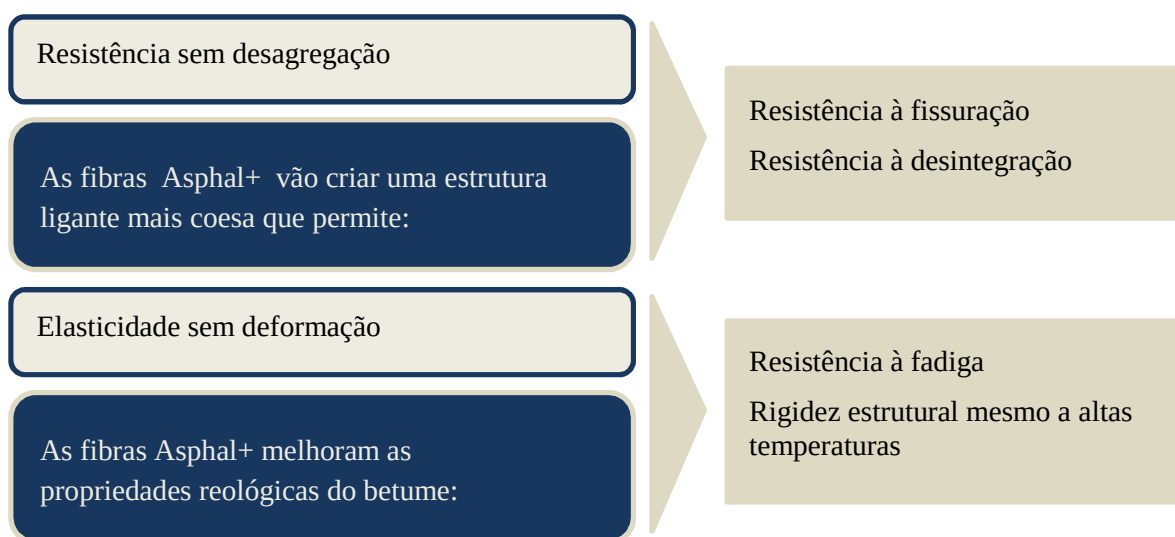


Fig. 22 – Propriedades das fibras indicadas pelo produtor (Fisipe).

A dosagem de fibras “Asphalt+”, recomendada pelo produtor para camadas drenantes, em percentagem mássica na mistura betuminosa deve ser: 0,10 – 0,15 %. No Anexo E poderá ser consultada a ficha técnica das fibras Asphalt+.

Na Figura 23, apresenta-se uma imagem da textura das fibras acrílicas.



Fig. 23 – Fibras acrílicas Asphalt+.

3.3. CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS

3.3.1. MISTURAS BETUMINOSA DRENANTE PREPARADA EM LABORATÓRIO

No âmbito deste trabalho experimental, desenvolveram-se no laboratório quatro misturas betuminosas drenantes designadas por:

- Mistura drenante com Cal Hidráulica (708 / 2012) – **PA 12,5-A**
- Mistura drenante com Cal Hidráulica e 0,2 % de Fibras (709 / 2012) – **PA 12,5-B**
- Mistura drenante com Cal Hidratada (710 / 2012) – **PA 12,5-C**
- Mistura drenante com Fíler Recuperado (966 / 2012) – **PA 12,5-D**

A referência entre parênteses que surge na designação de cada mistura, corresponde à identificação interna dos trabalhos do LGMC.

No Quadro 14, apresentam-se características dos agregados utilizados qualificados pelo empreiteiro para apresentação do estudo de formulação ao dono de obra.

Quadro 14 – Frações e respetivas características dos agregados.

Características	Agregado 8/14 Drenante	Agregado 4/8 Drenante	Pó 0/4
Desgaste Los Angeles	20%	---	---
Índice de Lamelação	3%	9%	---
Índice de Alongamento	12%	2%	---
Equivalente de Areia	---	---	66%
% alteração pelo sulfato magnésio (5 ciclos)	0,3%	0,2%	2,5%
Absorção de água	0,5%	0,7%	0,7%

A composição da mistura de agregados é apresentada no Quadro 15.

Quadro 15 – Composição da mistura de agregados.

Constituinte	Agregado 8/14 Drenante	Agregado 4/8 Drenante	Pó 0/4	Fíler
% utilizada na composição	54,5%	24,5%	16,8%	4,2%

A fórmula de trabalho das misturas betuminosas drenantes preparadas em laboratório é apresentada no Quadro 16.

Quadro 16 – Composição percentual das misturas preparadas em laboratório.

Tipo de Mistura PA 12,5	Agreg. 8/14 drenante	Agreg. 4/8 drenante	Pó 0/4	Cal Hidráulica	Cal Hidratada	Fíler Recuperado	Fibras	Betume	Aditivo
A				4,0 (%)	---	---	---		
B	52,2 (%)	23,6 (%)	16,1 (%)	4,0 (%)	---	---	0,2 (%)	4,3 (%)	0,2 (%)
C				---	4,0 (%)	---	---		
D				---	---	4,0 (%)	---		

No Quadro 17, e Figura 24, apresenta-se, a granulométrica das misturas de agregados tal como apresentada no estudo de formulação realizado pelo empreiteiro.

Quadro 17 – Granulometria da mistura de agregados.

Abertura das malhas dos peneiros ASTM (mm)	Curva da mistura de agregados (%)
16	100
12,5	98,8
9,5	67,1
4,75	23,5
2	15,7
0,85	11,1
0,425	9,3
0,180	7,4
0,075	5,4

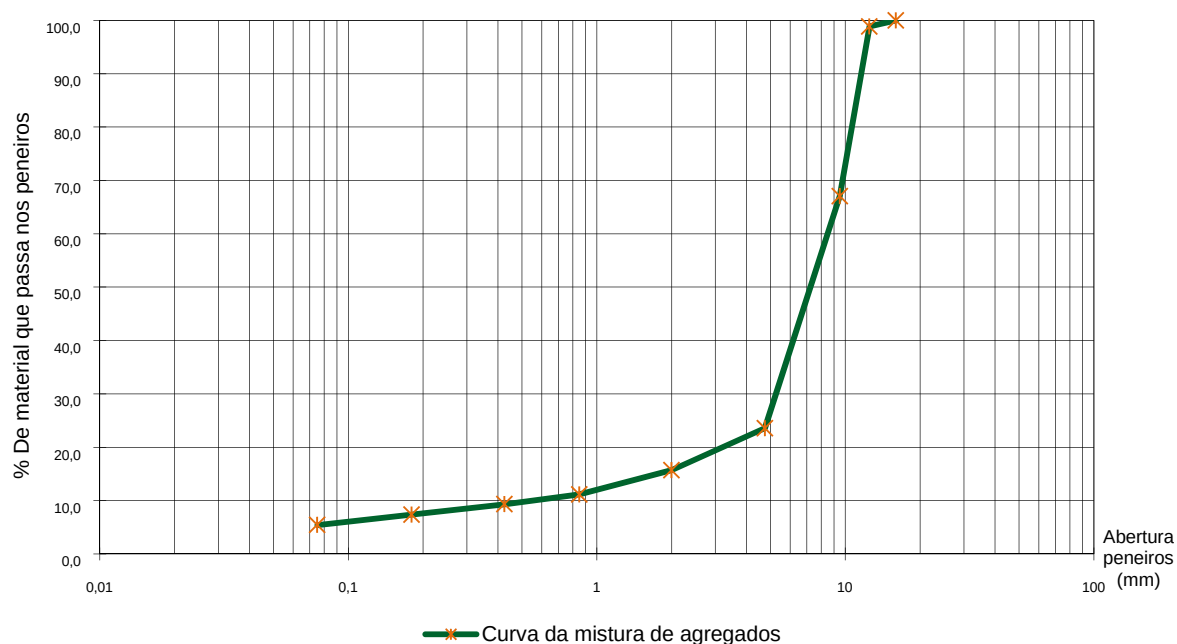


Fig. 24 – Curva granulométrica da mistura de agregados.

Quanto ao fuso granulométrico da mistura optou-se por se realizar uma comparação entre as especificações do Caderno de Encargos das Estradas de Portugal e a Norma Europeia EN 13108-7 específica para as misturas betuminosas drenantes.

No Quadro 18 apresenta-se:

- granulometria da mistura de agregados;
- fuso granulométrico previsto na norma de produto EN 13108-7 (CEN, EN 13108-7, 2006) para misturas PA 12,5;
- fuso granulométrico previsto no C.E. (Estradas de Portugal, 2012) para misturas Pa 12,5.

Quadro 18 – Comparação dos fusos granulométricos para misturas PA 12,5.

Abertura dos peneiros série base + série 2 (mm)	Granulometria da mistura de agregados (%)	Fuso granulométrico EN 13108-7 (%)	Fuso granulométrico C.E. (2012) (%)
20	100	---	100
16	100	100	---
12,5	100	90 – 100	90 – 100
10	70	---	55 – 75
4	22	---	12 – 30
2	15,7	5 – 25	11 – 18
1	12,4	---	6 – 14
0,063	4,0	2 – 10	2 – 5

Na Figura 25, apresenta-se os fusos granulométricos estudados para a mistura betuminosa drenante - PA 12,5, representando-se em simultâneo a curva granulométrica da mistura de agregados.

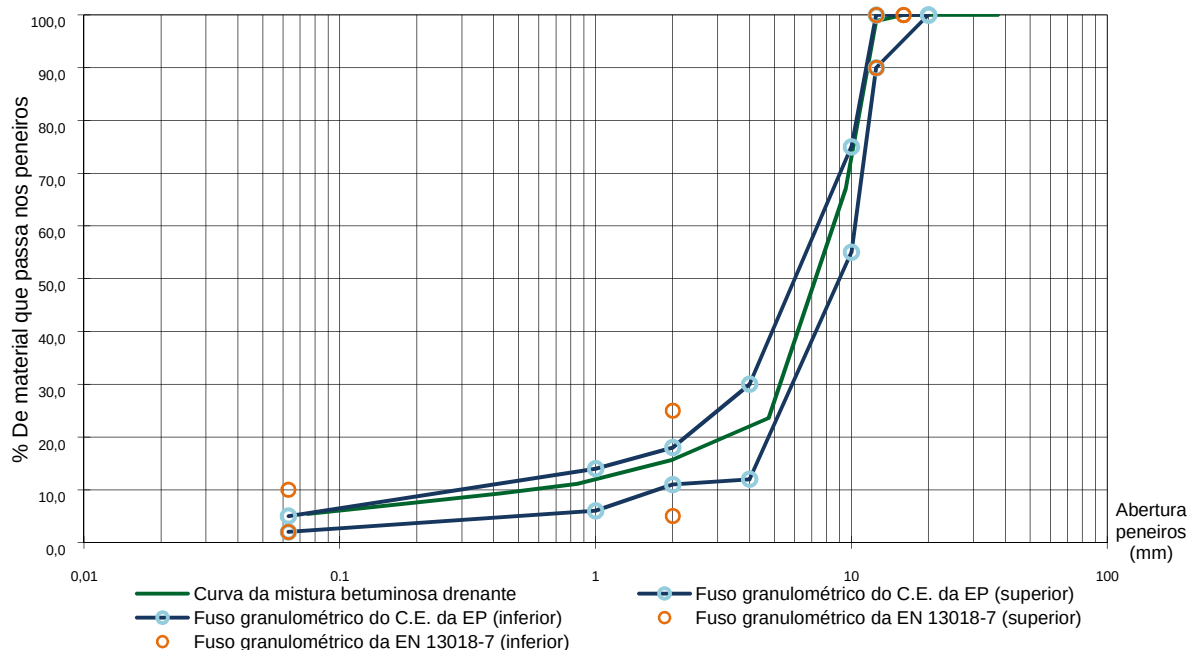


Fig. 25 – Validação dos fusos granulométricos.

3.3.2. MISTURAS BETUMINOSA DRENANTE PREPARADA EM CENTRAL

A mistura betuminosa drenante utilizada neste estudo foi produzida na central da empresa Monte Adriano localizada na Trofa, Figura 26, no âmbito da pavimentação do alargamento e beneficiação do sublanço Maia/Santo Tirso da A3-AutoestradaPorto/Valença.



Fig. 26 – Central onde foi produzida a mistura betuminosa drenante.

Com esta mistura moldaram-se provetes com diferente energia de compactação:

- Mistura drenante com Cal Hidráulica com 50 pancadas por face (1315/2012) – **PA 12,5-E_{ct}**
- Mistura drenante com Cal Hidráulica com 20 pancadas por face (1315/2012) – **PA 12,5-F_{ct}**
- Mistura drenante com Cal Hidráulica com 10 pancadas por face (1315/2012) – **PA 12,5-G_{ct}**

e recolheram-se três amostras (carotes extraídos do pavimento) denominando-se:

- Mistura drenante com Cal Hidráulica compactada em obra (1315/2012) – **PA 12,5-I**
- Mistura drenante com Cal Hidráulica compactada em obra (1315/2012) – **PA 12,5-II**
- Mistura drenante com Cal Hidráulica compactada em obra (1315/2012) – **PA 12,5-III**

A mistura betuminosa foi caracterizada pelo dono de obra apresentando as seguintes características expostas no Quadro 19.

Quadro 19 – Características da mistura betuminosa drenante produzida em central.

Característica	Unidades	Resultado
Percentagem de betume	%	4,2
Relação Fíler total / Betume	%	1,1
Baridade Máxima Teórica	kg/m ³	2508
Baridade da Mistura	Kg/m ³	1887
Porosidade com Betume	%	24,8
Índice de Vazios	%	32,9
Perda por Desgaste Cantabro (Humído)	%	25

Na Figura 27, apresenta-se a curva granulométrica correspondente a esta mistura betuminosa drenante fornecida pelo empreiteiro ao dono de obra.

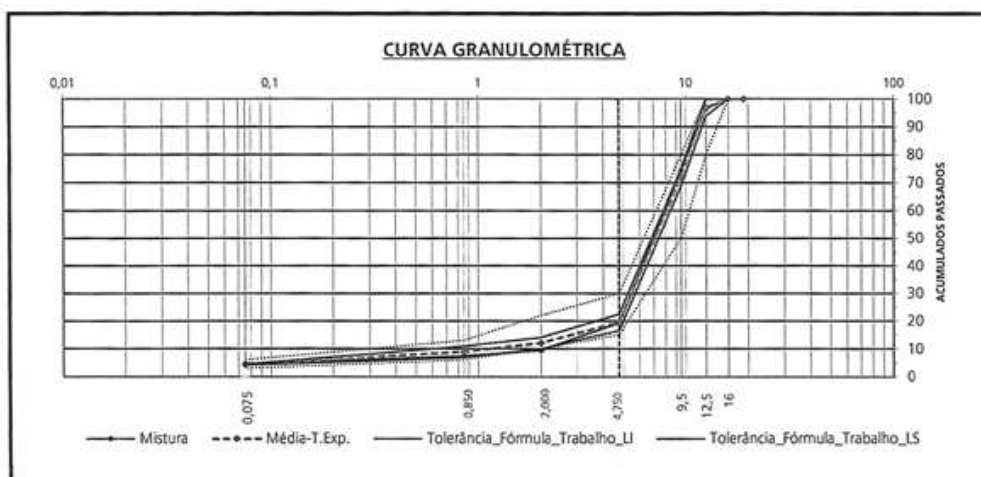


Fig. 27 – Curva granulométrica da mistura de agregados fornecida pelo empreiteiro.

4 PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PROVETES

4.1. MOLDAGEM DOS PROVETES COM MISTURA BETUMINOSA PREPARADA EM LABORATÓRIO

Para cada tipo de mistura betuminosa drenante preparada em laboratório foram produzidos 24 provetes. Desses 24 provetes 16 foram selecionados previamente para serem realizados ensaios no âmbito de outro estudo, reservando-se 8 provetes para o estudo apresentado.

Os provetes foram preparados e moldados segundo a metodologia Marshall para misturas betuminosas correntemente utilizado em Portugal em conformidades com as normas europeias EN 12697- 30 e EN 12697-35 (CEN, 2006).

Para estes provetes foram quantificadas as seguintes características:

- Baridade;
- Porosidade;
- Permeabilidade.

Inicialmente, os agregados foram pesados nas respetivas quantidades para cada tipo de mistura identificada no Quadro 16, e de seguida foram colocados em estufa à temperatura de 110°C, aproximadamente 16 horas de modo a garantir que se encontravam secos.

Uma vez que só foi possível preparar 6 provetes de cada vez, foi necessário esquartelar o material de cada granulometria (Figura 28) até obter as frações necessárias para a composição da mistura correspondente.

O restante material foi colocado individualmente em sacos para a preparação das misturas posteriores.



Fig. 28 – Esquartelamento dos agregados.

A mistura foi realizada com auxílio de uma misturadora mecânica durante o tempo necessário até os agregados se apresentarem homogêneos e totalmente envolvidos no ligante (Figuras 29 e 30). Cada mistura preparada permitiu moldar 6 provetes. A metodologia de trabalho foi a seguinte: aquecer previamente os agregados e o betume à temperatura de 160 °C, durante 7-8 horas; preparar a mistura dos vários componentes, aquecer a mistura preparada; compactar os provetes à temperatura de compactação (160 °C).

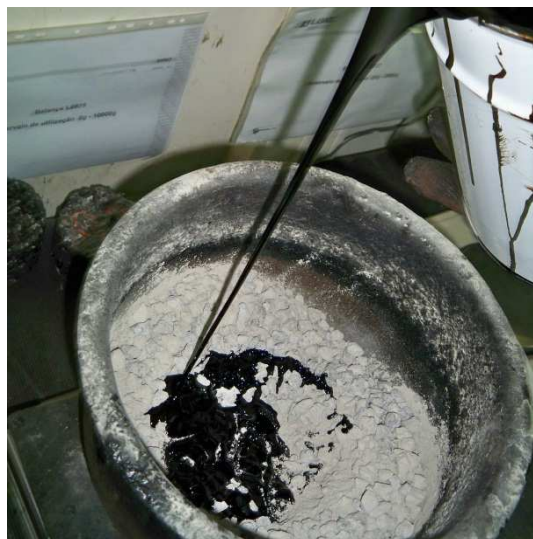


Fig. 29 – Mistura dos agregados e aplicação do ligante.



Fig. 30 – Agregados totalmente envolvidos pelo ligante.

Após a realização da mistura procedeu-se à moldagem individual dos provetes, sendo os moldes aquecidos previamente, à temperatura de 160 °C. A mistura betuminosa foi compactada de acordo com a norma EN 12697-30 (IPQ, 2009).

A metodologia da moldagem dos provetes foi a seguinte (por provete): Colocou-se um filtro de papel no fundo do molde e de seguida pesou-se dentro do molde cerca de 1050 g de mistura. Com a ajuda de uma espátula distribuiu-se a mistura pelo molde alisando a superfície e finalmente colocou-se um filtro de papel no topo da mistura. De seguida, o molde foi colocado no compactador de impacto fixando-o firmemente ao suporte. Encaixou-se o martelo compactador à coluna e iniciou-se a compactação da mistura betuminosa. Este equipamento permite a queda da massa deslizante a partir de uma determinada altura normalizada. A compactação destas misturas prevê a aplicação de 50 pancadas por cada face do provete.

Após a preparação do provete, retirou-se o papel de filtro com o auxílio de uma espátula e de seguida, colocou-se sob uma placa de arrefecimento. Esta placa é normalizada - EN 12697-30 (IPQ, 2009) - e consiste num "tabuleiro" com discos cilíndricos onde os provetes são encaixados por forma a ficarem apoiados durante o arrefecimento. A desmoldagem dos provetes foi realizada quando a temperatura do provete era inferior a 40°C. Os provetes foram retirados dos moldes com recurso a um macaco hidráulico. Após a desmoldagem foram colocados sobre uma superfície plana, onde se mantiveram à temperatura ambiente até serem ensaiados (Figura 31).



Fig. 31 – Moldagem dos provetes.

4.2. RECOLHA DA MISTURA PREPARADA EM CENTRAL

A recolha da mistura betuminosa drenante preparada em central realizou-se no dia 22 de junho, durante a execução da pavimentação do sublanço Maia/Santo Tirso da A3 – Autoestrada Porto/Valença junto ao sem-fim da espalhadora (Figura 32). A amostra foi recolhida junto ao Pk 18+870 na faixa Norte/Sul, no período da manhã. Esta encontrava-se à temperatura de 158° C.



Fig. 32 – Recolha da mistura betuminosa em obra.

Após a recolha a mistura foi transportada para o laboratório e colocada em estufa durante 1:30 h à temperatura de 150°C. Após este período de tempo, deu-se início a moldagem de 4 provetes para cada energia (50, 20, 10 pancadas por face) realizando-se o mesmo procedimento descrito no Ponto 4.1.

Nas Figuras 33, 34 e 35, apresentam-se os três conjuntos de provetes moldados com as respetivas energias de compactação.



Fig. 33 – Provetes moldados com 20 pancadas por face.



Fig. 34 – Provetes moldados com 10 pancadas por face.



Fig. 35 – Provetes moldados com 50 pancadas por face.

4.3. PROCEDIMENTO DE RECOLHA DE CAROTES

Foram retirados carotes na camada de desgaste no sublanço Maia/Santo Tirso da A3 –Autoestrada Porto/Valença, utilizando uma carotadora. A base da carotadora foi colocada sobre o local onde se

quer retirar o carote, encaixando a carotadora na base e iniciou-se a furação. A furação foi realizada por movimentos rotativos contínuos da coroa sobre o pavimento. A Figura 36, mostra parte do processo de furação.

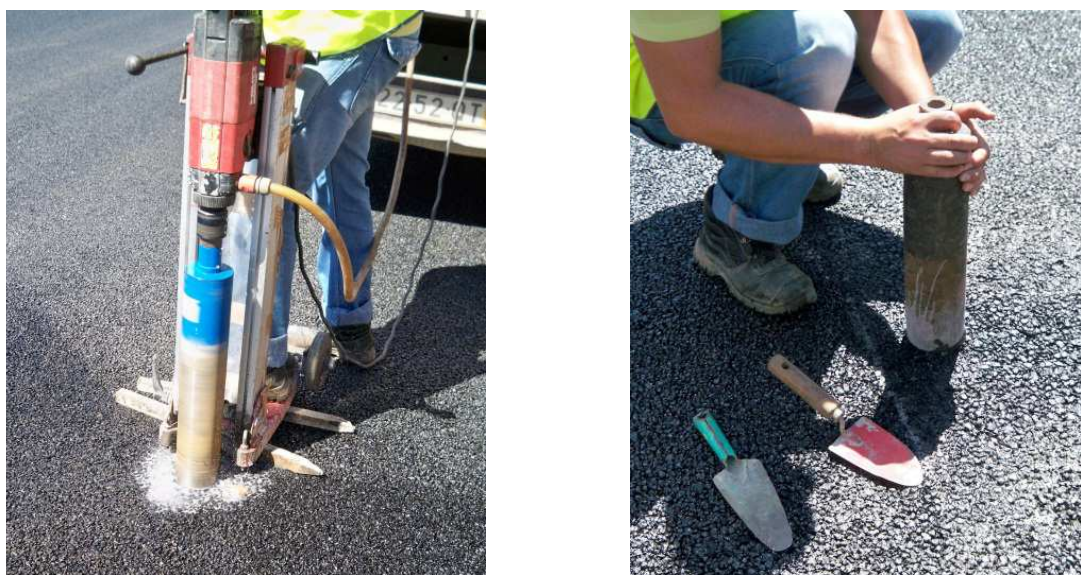


Fig. 36 – Procedimento para recolha de carotes.

Os carotes foram extraídos na zona correspondente à recolha da amostra da mistura betuminosa descrita anteriormente no Ponto 4.2, foram definidas três localizações distintas na berma exterior da autoestrada para recolher os carotes.

Após definidas as localizações para a recolha dos carotes, e antes da sua extração realizaram-se nesses mesmos locais ensaios de permeabilidade “in situ” de acordo com a NLT - 327/00.

Os carotes recolhidos abrangem as camadas de desgaste e subjacente no drenante, sendo necessário, em laboratório, serrar os carotes de modo a obter exclusivamente provetes apenas com a mistura betuminosa drenante constituinte da camada de desgaste.

Esta camada apresentava uma espessura média de 4 cm. No entanto os provetes foram serrados com espessuras menores, dado que a zona inferior da camada se encontrava mais fechada devido à migração da rega de colagem existente entre a camada drenante e o subjacente ocorrida durante a execução da camada de desgaste. Por este motivo os carotes foram serrados por forma a obter provetes com espessuras próximas de 3,5 cm (Figura 37).



Fig. 37 – Carotes cilíndricos.

4.4. CARACTERÍSTICAS DOS PROJETES

As misturas betuminosas são compostas por: agregados, betume e ar, como se ilustra na figura seguinte. Para se realizar os estudos de formulação é fundamental quantificar algumas propriedades das misturas relativas à sua composição volumétrica. Para isso, estabelecem-se relações entre massas e volumes dos componentes misturados, obtendo-se:

- Baridade geométrica ($\rho_{b,dim}$);
- Baridade máxima teórica (ρ_{mv});
- Porosidade (V_m);
- Índice Vazios (I_v).

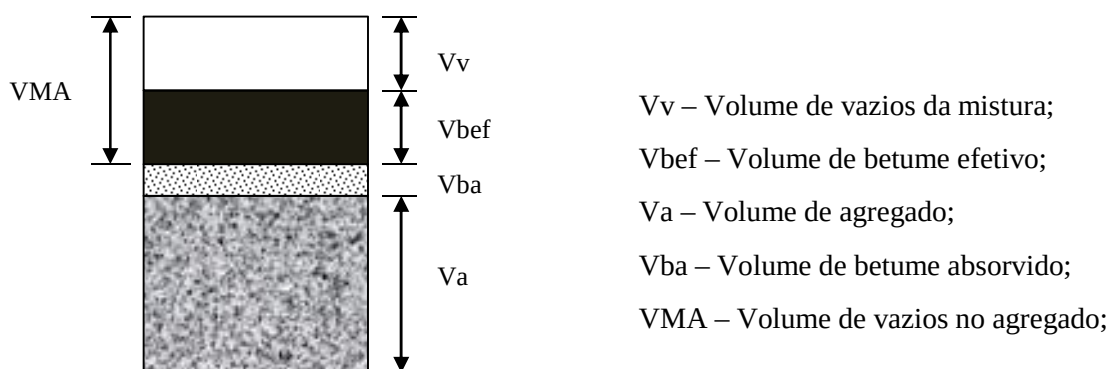


Fig. 38 – Representação dos volumes numa mistura betuminosa.

4.5. MASSA E VOLUME

Para determinar a massa dos projetes, designada por “m” realizaram-se pesagens dos mesmos ao ar. O volume dos projetes foi determinado de acordo com a norma EN 12697-29 (CEN, 2002). Assim, realizaram-se quatro leituras às alturas, segundo o plano de dois diâmetros ortogonais; Para o diâmetro do projete foram feitas seis leituras. Calcularam-se de seguida, a média com as 4 alturas, e a média com os 6 diâmetros, designando-se os valores das médias por “h” e “D” respetivamente. O volume aparente “V” é dado pela expressão:

$$V = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times h \quad (5)$$

onde:

V – volume aparente do projete, (mm^3);

D – diâmetro médio do projete, (mm);

h – altura média do projete (mm).

As massas e dimensões dos projetes das misturas preparadas em laboratório e em central ensaiadas encontram-se no Anexo F.

4.5.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para se verificar a homogeneidade dos provetes moldados com mistura preparada em laboratório, optou-se por realizar uma análise quanto à massa e volume. Assim calcularam-se os seus valores médios ($\bar{X}$), a média dos módulos dos desvios em relação à média ($|\Delta\bar{X}| = \frac{\sum |X_i - \bar{X}|}{n^\circ \text{ de provetes}}$) de provetes e o quociente entre estes valores.

No Quadro 20, apresenta-se os resultados obtidos para a massa e volume.

Quadro 20 – Valor médio dos desvios médios da massa e volume.

Amostra	$\bar{m}$ (g)	$ \Delta\bar{m} $ (g)	$\frac{ \Delta\bar{m} }{\bar{m}}$	$\bar{V}$ (cm ³)	$ \Delta\bar{V} $ (cm ³)	$\frac{ \Delta\bar{V} }{\bar{V}}$
PA 12,5 – A	1050,2	1,33	0,001	522,3	3,4	0,007
PA 12,5 – B	1055,6	2,47	0,002	523,3	3,2	0,006
PA 12,5 – C	1054,2	3,16	0,003	521,3	2,0	0,004
PA 12,5 – D	1054,1	2,07	0,002	524,4	2,1	0,004

Como se verifica, as massas e os volumes dos provetes são muito semelhantes entre as várias misturas preparadas em laboratório. A amplitude da variação (diferença entre os valores máximos e mínimos) da massa dos provetes de cada mistura situa-se em geral a baixo 6,4 g, e o seu valor máximo é de 10,9 g aproximadamente 1,04 % da massa dos provetes. Os desvios médios da massa são em geral idênticos, verificando-se no caso da mistura PA 12,5 – C uma variação pouco significativa.

Quanto aos volumes, verifica-se uma homogeneidade entre os provetes das várias misturas. Considerando-se satisfatório o resultado obtido, dado que a amplitude da variação, em cada mistura, se situa de modo geral a baixo de 10,5 cm³ e o valor máximo é de 15 cm³, ou seja 2,9 % do valor médio.

No Quadro 21, apresenta-se a média das massas e volumes das misturas estudadas com mistura preparada em central.

Quadro 21 – Massas e volumes médios das misturas preparadas em central.

Tipo de mistura	$\bar{m}$ (g)	$\bar{V}$ (cm ³)
PA 12,5 – E _{ct}	1042,4	550,5
PA 12,5 – F _{ct}	970,5	522,3
PA 12,5 – G _{ct}	926,4	521,8
Tipo de mistura	$\bar{m}$ (g)	$\bar{V}$ (cm ³)
PA 12,5 – I	538,1	282,4
PA 12,5 – II	518,4	275,6
PA 12,5 – III	555,8	289,5

As massas dos provetes das misturas PA 12,5 – F_{ct} e PA 12,5 – G_{ct}, são menores quando comparadas com a mistura PA 12,5 – E_{ct}, uma vez que foi necessário atender as dimensões dos moldes, sendo imprescindível considerar massas diferentes para cada energia de compactação, na moldagem dos provetes.

Numa primeira observação das massas e volumes das misturas PA 12,5-I, PA 12,5 –II e PA 12,5 –III , verifica-se ligeiras variações justificadas pela necessidade que houve em separar a camada de desgaste da camada de subjacente.

4.6. BARIDADE

A baridade dos provetes foi calculada de acordo com o método D, método geométrico, da norma de ensaio EN 12697-6 (IPQ, 2010) através da seguinte expressão, com aproximação a 1 kg/m³:

$$\rho_{b,dim} = \frac{m}{V} \times 10^6 \quad (6)$$

em que:

$\rho_{b,dim}$ – baridade geometria do provete, (kg/m³)

m – massa do provete, (g);

V – volume aparente do provete, (mm³).

Baridade define-se como a massa por unidade de volume, com vazios a uma determinada temperatura num provete. A baridade relaciona-se diretamente com a densidade dos materiais que constituem a mistura mas também do grau de compactação, da curva granulométrica e da percentagem de betume.

A baridade da mistura betuminosa influencia o desempenho da mistura, pelo que é uma medida indireta da sua “qualidade”.

As baridades dos provetes das misturas preparadas em laboratório e em central ensaiados encontram-se no Anexo F.

4.6.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O gráfico da Figura 39 traduz a variação da baridade nas misturas betuminosas tratadas neste trabalho.

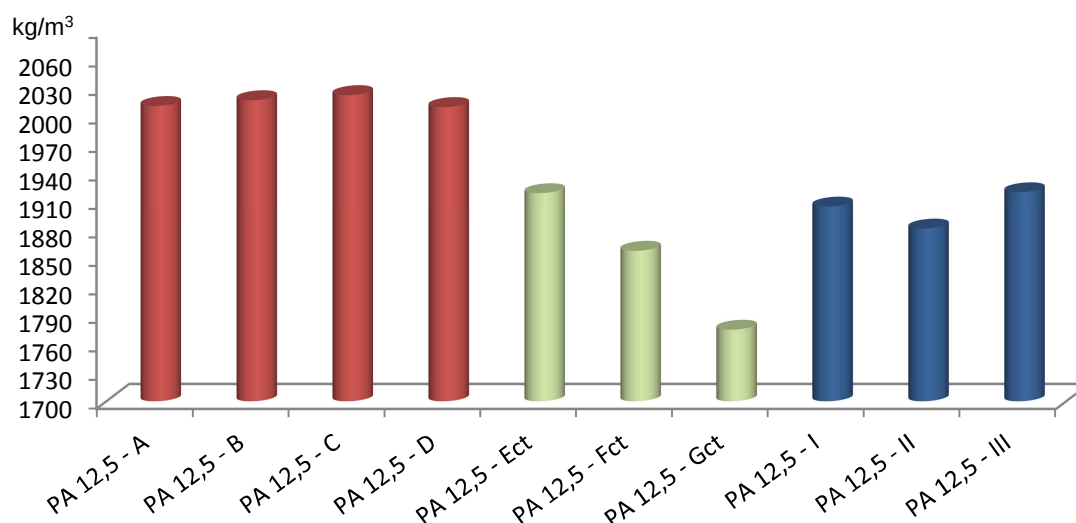


Fig. 39 – Baridades por tipo de mistura betuminosa drenante.

Pela análise do gráfico observa-se que ao introduzir a percentagem de fibras na mistura (PA 12,5-B), a baridade aumenta ligeiramente comparando esta mistura com a PA 12,5 -A. Isto deve-se ao facto de estarmos a introduzir mais um constituinte (fibras) à mistura para lá da sua composição, apesar de as fibras apresentarem baixa massa volúmica estas vão ser adicionadas sem se reduzir um constituinte da mistura com maior massa volúmica (agregado). Deste modo a mistura apresenta um ligeiro aumento da baridade.

Relativamente à mistura preparada em central verifica-se uma homogeneidade entre os provetes moldados com 50 pancadas por face (PA 12,5-Ect) e as misturas compactadas em obra (PA 12,5- I, II e III). Contudo verifica-se algumas variações das baridades nas misturas recolhidas em obra que podem estar relacionadas com a compactação realizada pelos cilindros.

Para as misturas moldadas com energias de compactação diferentes verificou-se, uma redução da baridade, esta situação resulta da necessidade de moldar provetes com massas diferentes de modo a que o provete respeita-se a geometria do molde e os provetes apresentassem uma geometria semelhante.

4.7. BARIDADE MÁXIMA TEÓRICA

O ensaio de baridade máxima teórica realizou-se segundo a norma EN 12697-5 (CEN, 2007), procedimento A – Método volumétrico.

A amostra deve ter uma massa (g), de pelo menos 50 vezes o valor numérico da dimensão nominal máxima das partículas de agregados (mm), com uma massa mínima de 250 g. Deve ser recolhida em conformidade com a norma EN 12697-27.

Para dar início ao ensaio foi necessário desagregar os provetes colocando-os em estufa, a uma temperatura de 110 °C. A mistura foi posteriormente desagregada de modo a ficar solta sem possuir aglomerações com uma dimensão superior a 6 mm. Seguidamente pesou-se o picnómetro vazio com a tampa – massa " m_1 ". Introduziu-se a amostra seca no picnómetro e pesou-se novamente com tampa – massa " m_2 ". De seguida encheu-se o picnómetro com água fervida até um máximo de 30 mm abaixo do encaixe da tampa. Para libertar o ar preso no interior da amostra aplicou-se um vácuo parcial com pressão residual de 4 kPa durante 15 min. De modo a tornar mais fácil esta libertação de ar o picnómetro foi colocado sobre uma mesa vibratória. Decorridos os 15 min de vibração, encheu-se o picnómetro até à marca de referência com água fervida e colocou-se no banho de água durante 30 min à temperatura de 25 °C. De seguida retirou-se o picnómetro do banho de água limpou-se muito bem e pesou-se novamente – massa " m_3 ".

O procedimento para determinação da baridade máxima teórica é ilustrado na Figura 40.



Fig. 40 – Determinação da baridade máxima teórica.

A baridade máxima teórica das misturas foi determinada pela seguinte expressão com arredondamento até 1kg/m^3 .

$$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{100 \times V_p - \frac{(m_3 - m_2)}{\rho_w}} \quad (7)$$

onde:

ρ_{mv} – é a massa volúmica máxima da mistura betuminosa, tal como determinado pelo método volumétrico, com arredondamento até 1 kg/m^3 ;

m_1 – é a massa do conjunto do picnómetro, (g);

m_2 – é a massa do conjunto do picnómetro e amostra de ensaio, (g);

m_3 – é a massa do conjunto do picnómetro e amostra de ensaio com água, (g);

V_p – é o volume do picnómetro, cheio até a marca de referência, (m^3);

ρ_w – é a massa volúmica da água à temperatura de ensaio, em (kg/m^3) com arredondamento até $0,1\text{ kg/m}^3$.

Os cálculos da Baridade Máxima Teórica para as misturas preparadas em laboratório e em central ensaiadas encontram-se no Anexo G.

4.7.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Figura 41 apresenta-se um gráfico que representa a baridade máxima teórica das misturas betuminosas drenantes utilizadas neste trabalho.

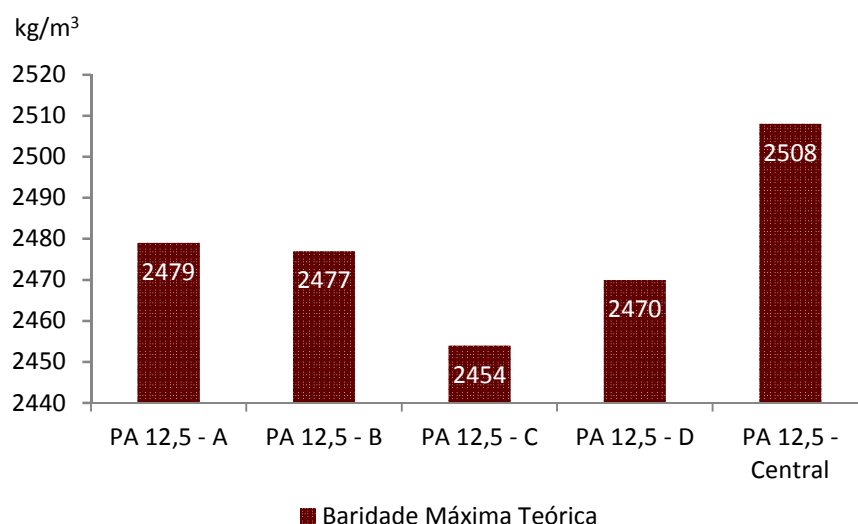


Fig. 41 – Baridade máxima teórica por tipo de mistura betuminosa drenante.

Pela análise do gráfico constata-se:

- ✓ Que foi a mistura com cal hidratada (PA 12,5 – C) que apresenta o menor resultado da baridade máxima teórica. Tal situação decorre da baixa massa volúmica da cal hidratada;
- ✓ Quanto a mistura com incorporação de fibras (PA 12,5 – B) verificou-se uma diminuição não significativa do resultado apresentado. Conclui-se que a incorporação de fibras parece não influenciar a baridade máxima teórica da mistura betuminosa;
- ✓ Relativamente à baridade máxima teórica da mistura preparada em central, verifica-se que apresenta o valor mais elevado;
- ✓ O ensaio de baridade máximo teórico tem uma repetibilidade de 11 kg/m^3 . Assim comparando as misturas, verificaram-se ligeiras variações na baridade máxima teórica consideradas pouco significativas para o estudo.

4.8. POROSIDADE, ÍNDICE DE VAZIOS, VMA E VFB DOS PROVETES DE MISTURAS BETUMINOSAS

4.8.1. POROSIDADE

A porosidade (V_m) é o volume de ar retido nas partículas de agregado e betume da misturas betuminosa após a compactação em relação ao volume da fase sólida. Foi determinada através dos valores obtidos na baridade geométrica dos provetes e dos valores obtidos no ensaio de baridade

máxima teórica. A porosidade foi determinada de acordo com o especificado na norma europeia EN 12697-8 (CEN, 2003), através da seguinte expressão:

$$V_m = \left(\frac{\rho_{mv} - \rho_{b,dim}}{\rho_{mv}} \right) \quad (8)$$

em que:

V_m – porosidade com uma precisão de 0,1 %,

ρ_m – baridade máxima teórica da mistura betuminosa, (kg/m³);

ρ_b – baridade geométrica do provete, (kg/m³).

4.8.2. ÍNDICE DE VAZIOS

O índice de vazios dos provetes foi determinado em de acordo com Caderno de Encargos da Brisa. O índice de vazios é calculado conforme a seguinte equação:

$$I_v = \left(\frac{\rho_{mv} - \rho_{b,dim}}{\rho_{b,dim}} \right) \quad (9)$$

em que:

I_v – índice de vazios dos provetes com uma precisão de 0,1 %,

4.8.3. PERCENTAGEM DE VAZIOS NA MISTURA DE AGREGADOS (VMA) E PERCENTAGEM DE VAZIOS PREENCHIDOS COM BETUME (VFB)

Os vazios da mistura de agregados (VMA) correspondem ao volume dos vazios entre as partículas de agregados de uma mistura betuminosa compactada, que inclui a porosidade e o volume de betume efetivo da mistura, expresso como percentagem do volume total da mistura.

Por sua vez, os vazios preenchidos com betume (VFB) dizem respeito à percentagem de vazios na mistura de agregados, preenchidos com betume.

Estas características da mistura foram determinadas de acordo com a norma europeia EN 12697-8 (CEN, 2003), de acordo com as seguintes equações:

$$VFB = \left(\frac{B \times \rho_{b,dim}}{\rho_B} \right) \quad (10)$$

$$VMA = V_m + B \times \frac{\rho_{b,dim}}{\rho_B} \quad (11)$$

em que,

VFB – percentagem de vazios na mistura de agregados preenchidos com betume arredondado a 0,1 %;

VMA – percentagem de vazios na mistura de agregados, arredondado a 0,1 %;

V_m – porosidade da mistura com uma precisão de 0,1 %;

B – percentagem de betume do provete arredondado a 0,1 %;

ρ_B – densidade do betume, kg/m³;

$\rho_{b,dim}$ – baridade geométrica do provete, kg/m³;

Os cálculos da Porosidade, Índice de Vazios, VMA e VFB para as misturas preparadas em laboratório e em central ensaiadas encontram-se no Anexo H.

4.8.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo a norma EN 13108-20, o método de cálculo da V_m, I_v, VMA e VFB das misturas betuminosas devem ser determinados pelos métodos apresentados anteriormente.

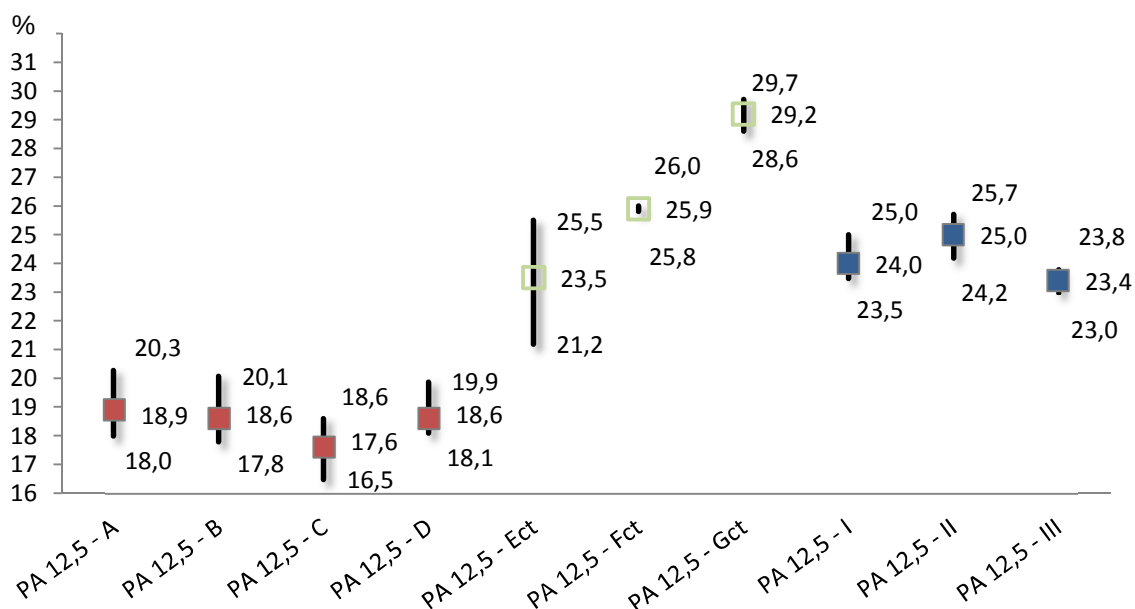


Fig. 42 – Porosidade mínima, média e máxima por tipo de mistura betuminosa.

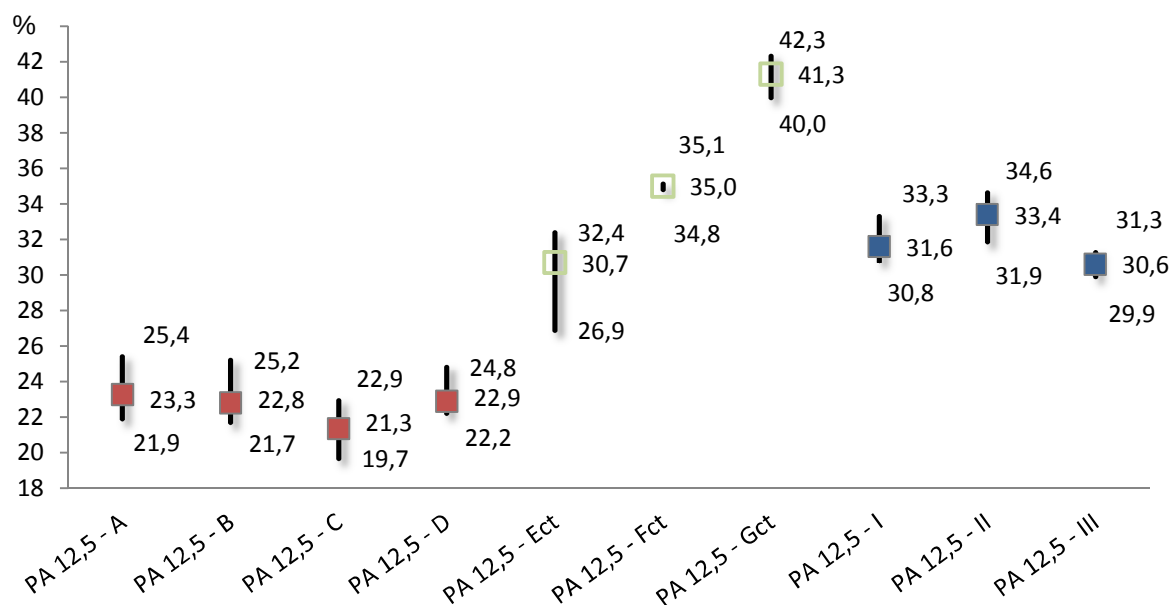


Fig. 43 – Índice de vazios mínimo, médio e máximo por tipo de mistura betuminosa.

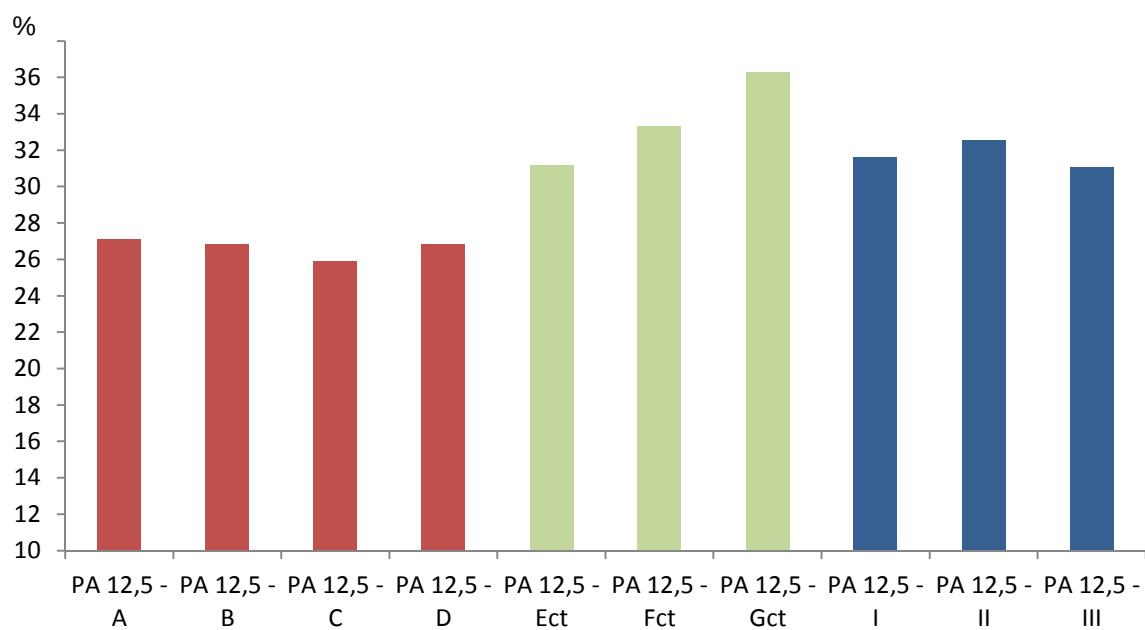


Fig. 44 – VMA por tipo de mistura betuminosa.

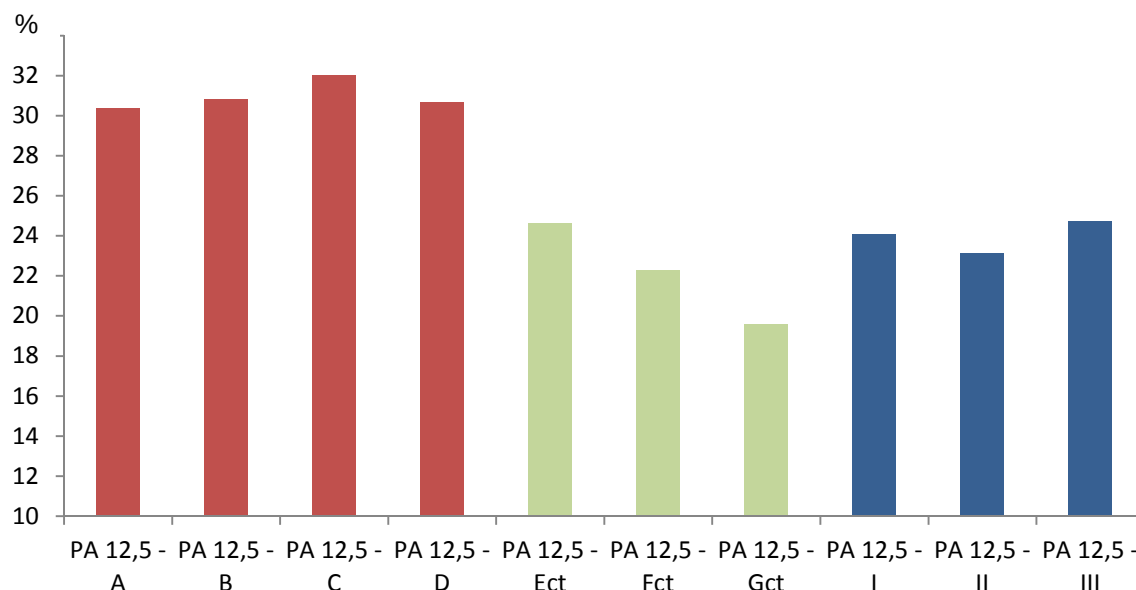


Fig. 45 – VFB por tipo de mistura betuminosa.

Observando o gráfico da Figura 42, constata-se que, o valor mais elevado da porosidade resulta da utilização de cal hidráulica, e quando se incorporam fibras na mesma mistura a porosidade não é influenciada. O que leva a justificar esta situação deve-se ao facto de a incorporação de fibras na mistura betuminosa não influenciar a compactação.

A mistura PA 12,5 – C, apresenta a menor porosidade das misturas betuminosas estudadas, parecendo haver uma maior facilidade de compactação da mistura, por este motivo parece que a cal hidratada apresenta o menor desempenho a nível da permeabilidade. Por outro lado este material poderá ser um material de grande utilidade em misturas betuminosas tradicionais, dado a capacidade de compactação que este material possui.

No que diz respeito às misturas preparadas em central verificou-se que independentemente do método de compactação (equipamento mecânico e cilindros vibratórios) as misturas apresentaram porosidades muito similares.

Quanto as misturas betuminosas compactadas com diferentes variações de energia, confirmou-se que, quanto maior a energia de compactação menor é a porosidade da mistura.

Apesar dos valores das porosidades obtidos na mistura preparada em laboratório serem pouco dispersos, estas misturas não apresentam resultados satisfatórios, uma vez que a especificação de caderno de encargos das estradas de Portugal fixa um valor de porosidade entre 22 e 30 %. As restantes misturas respeitam de um modo geral esta exigência.

O índice de vazios das misturas betuminosas foi determinado (Figura 43), para validar o intervalo de resultados definido no caderno de encargos da Brisa, assim, este intervalo está compreendido entre 25 e 30 %. Este parâmetro é determinado em função da baridade máxima teórica e baridade dos provetes de igual modo como a porosidade, fornecendo informações muito semelhantes à porosidade.

Os vazios da mistura de agregados (VMA) traduz-se pelo volume dos vazios intergranulares entre as partículas de agregados compactada de uma mistura betuminosa.

Analisando os resultados obtidos para as misturas betuminosas no gráfico da Figura 44, conclui-se que este parâmetro é em tudo semelhante à evolução da porosidade, mas apresenta valores ligeiramente superior.

Nas misturas betuminosas preparadas em central o aumento não é tão significativo, visto que a percentagem de betume nestas misturas é de 4,2 %, esta diminuição fica a dever-se ao facto de para o cálculo do VMA entrar como variável o volume de betume do provete além da porosidade. Se se aumentar o volume de betume o VMA aumenta.

Quanto aos vazios preenchidos por betume (VFB) estes representam a percentagem de vazios na mistura de agregados, preenchidos com betume. O gráfico da Figura 45 demonstra que com o aumento da porosidade a percentagem de vazios na mistura e agregados preenchidos com betume diminui, logo misturas betuminosas muito porosas apresentam uma percentagem de vazios preenchidos com betume muito baixa. A maior subida registou-se na mistura PA 12,5 – C com cal hidratada.

5

ENSAIOS DE PERMEABILIDADE EM LABORATÓRIO E “IN SITU”

5.1. ENQUADRAMENTO NORMATIVO

O método de ensaio utilizado na determinação da permeabilidade de misturas betuminosas em laboratório foi o prescrito na norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006).

Este ensaio consiste em determinar a permeabilidade vertical e horizontal em provetes moldados ou carotados, em condições normalizadas e com tempos definidos, que permite distinguir a forma e configuração dos vazios da mistura.

Quanto à determinação da permeabilidade “in situ”, recorreu-se ao procedimento mais utilizado e conhecido em Portugal, encontrando-se normalizado pela norma espanhola NLT-327/00 (CEDEX, 2000) definido por permeâmetro LCS, desenvolvido em Espanha pelo Laboratório de Caminhos de Santander. Contudo a norma EN 12697 - 40 (CEN, 2004) elaborada e publicada pelo CEN - Comité Europeu de Normalização veio definir uma metodologia europeia para a quantificação da permeabilidade “in situ”.

5.2. PERMEABILIDADE EM LABORATÓRIO – EN 12697-19

A norma EN 12697-19 - Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 19: Permeability of specimen (CEN, 2004 e 2006) apresenta uma descrição do procedimento de ensaio de permeabilidade vertical e horizontal para misturas betuminosas drenantes. Este ensaio realiza-se em carotes cilíndricos extraídos dos pavimentos, provetes extraídos de placas preparadas em laboratório e em provetes moldados em laboratório com um dispositivo de compactação.

O diâmetro nominal das carotes/provetes deve ser ou 100 mm ou 150 mm.

Para se determinar a permeabilidade dos provetes em laboratório, foi necessário construir um permeâmetro de carga constante semelhante ao da norma. Contudo surgiram várias dificuldades no que diz respeito às características de alguns materiais.

O equipamento desenvolvido por mim em conjunto com o Laboratório de Geotecnia e Construções (LGMC), representado na Figura 46, consiste em manter uma coluna de água de altura contante e fluxo contínuo, uma vez saturado o provete, medindo a quantidade de água que passa pelo provete, através das direções vertical ou horizontal, dependendo do parâmetro a determinar. Este ensaio realiza-se a uma temperatura ambiente entre 15 °C e 25 °C. O equipamento é composto por vários elementos dependendo da direção de escoamento que estamos a ensaiar.

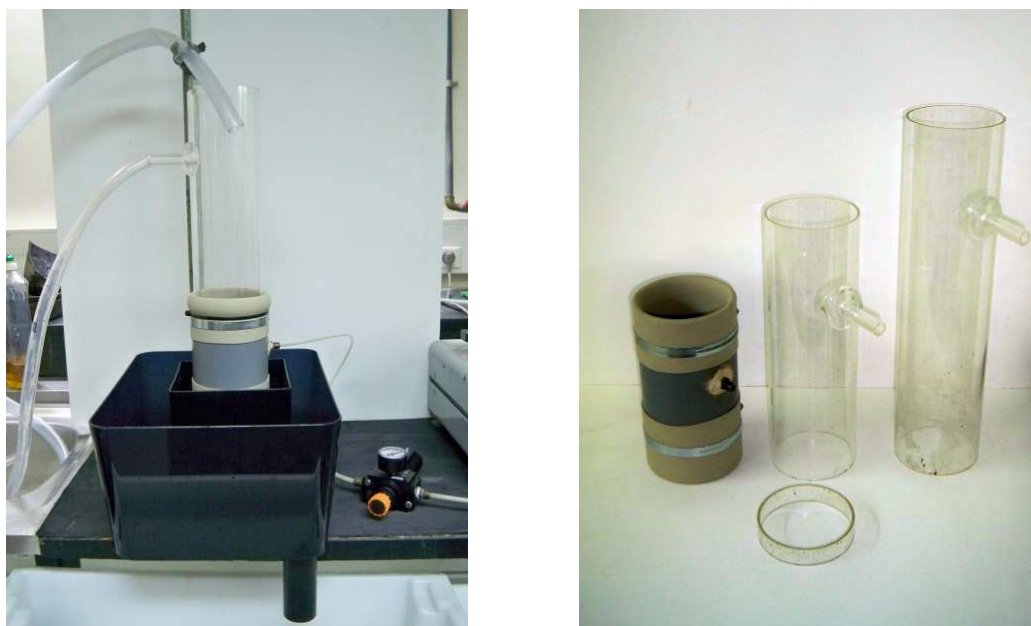
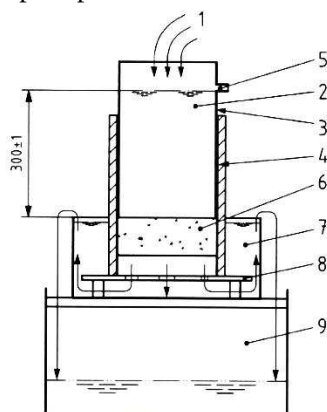


Fig. 46 – Equipamento para determinar permeabilidade, manguito de borracha e colunas acrílicas.

Como referido no parágrafo anterior, na conceção do equipamento surgiram algumas dificuldades em encontrar um material para o manguito de borracha, capaz de suportar a pressão de ar que se iria introduzir, sem que sofresse deformações plásticas, garantisse a impermeabilização do provete e que tivesse uma elasticidade considerável para a sua moldagem. Esta dificuldade surge, uma vez que, a norma não faz qualquer referência para este material, dificultando e condicionando a realização atempada dos ensaios previamente definidos, uma vez que foi necessário algum tempo para se encontrar um material com as características desejadas.

5.2.1. PERMEABILIDADE VERTICAL

Para determinar a permeabilidade vertical coloca-se o provete no interior do manguito de borracha com a coluna acrílica, insuflando a pressão de 50 kPa, de modo que se produza uma pressão firme, impedindo a passagem da água pela parede do provete e obrigando a água a passar no provete no sentido vertical. O caudal deve ser mantido constante durante 10 min pela marca respetiva da coluna acrílica, de modo a saturar o provete. De seguida anota-se a massa de água que passa pelo provete durante 60 s, para posteriormente determinar a permeabilidade (Figura 47).



Legenda:

- 1 – abastecimento de água
- 2 – coluna de água
- 3 – tubo plástico
- 4 – manguito de borracha
- 5 – saída de água para manter o nível na coluna
- 6 – provete
- 7 – banho de água
- 8 – placa perfurada
- 9 – reservatório coletor

Fig. 47 – Permeâmetro para permeabilidade vertical da norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006).

Na Figura 48, estão ilustrados os acessórios necessários utilizados no ensaio de determinação da permeabilidade vertical.



Fig. 48 – Determinação da permeabilidade vertical.

Os passos descritos nos parágrafos anteriores são repetidos para todos os provetes que compõem as misturas betuminosas deste estudo. De seguida calcula-se o caudal escoado e o coeficiente de permeabilidade pelas seguintes expressões:

$$Q_V = \frac{(m_2 - m_1)}{t} \times 10^{-6} \quad (12)$$

sendo

Q_V – caudal vertical que passa pelo provete, (m^3/s);

m_2 – massa do reservatório e da água recolhida no reservatório, $\pm 0,5$ (g);

m_1 – massa do reservatório vazio, $\pm 0,5$ (g);

t – tempo de recolha, (s).

Com o valor do caudal obtido em cada provete é determinado o coeficiente de permeabilidade pela seguinte expressão de Darcy:

$$K_V = \frac{4 \times Q_V \times l}{h \times \pi \times D^2} \quad (13)$$

sendo

K_v – permeabilidade vertical, (m/s);

Q_v – caudal vertical que passa pelo provete, (m³/s);

l – espessura do provete, (m);

h – altura real da coluna de água, (m);

D – diâmetro do provete, (m).

Segundo a norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006), os resultados de permeabilidade vertical geralmente estão compreendidos entre $0,5 \times 10^{-3}$ m/s e $3,5 \times 10^{-3}$ m/s.

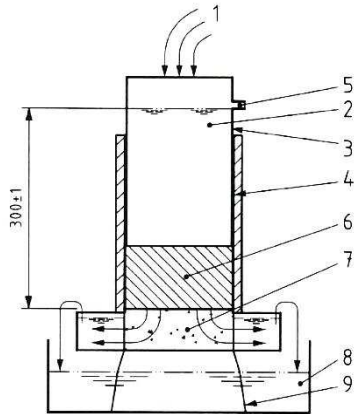
A norma EN 13108-7 estabelece categorias para a permeabilidade vertical que vão desde $K_{v0,1}$ a $K_{v4,0}$ de acordo com o Quadro 22.

Quadro 22 – Permeabilidade Vertical, KV

Mínimo para permeabilidade vertical 10^{-3} m/s	Categoria - Kv
4,0	$K_{v4,0}$
3,5	$K_{v3,5}$
3,0	$K_{v3,0}$
2,5	$K_{v2,5}$
2,0	$K_{v2,0}$
1,5	$K_{v1,5}$
1,0	$K_{v1,0}$
0,5	$K_{v0,5}$
0,1	$K_{v0,1}$
Não requerido	K_{vNR}

5.2.2. PERMEABILIDADE HORIZONTAL

No caso da permeabilidade horizontal é necessário impermeabilizar a face inferior do provete com parafina de modo a impedir a passagem da água pela base, obrigando a água a sair pela superfície lateral do provete. De seguida na face superior do provete é colado um tubo acrílico com altura aproximada de 100 mm com um silicone de alta viscosidade deixando-se secar aproximadamente 6 h. Posteriormente coloca-se o provete e a coluna acrílica dentro do manguito e repete-se o procedimento descrito na permeabilidade vertical, o procedimento é ilustrado na Figura 49.



Legenda:

- 1 – abastecimento de água
- 2 – coluna de água
- 3 – tubo plástico
- 4 – manguito de borracha
- 5 – saída de água para manter o nível na coluna
- 6 – tubo menor em plástico
- 7 – provete
- 8 – reservatório coletor
- 9 – suporte

Fig. 49 – Permeâmetro para permeabilidade horizontal da norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006).

Na Figura 50, estão ilustradas as etapas de preparação dos provetes para serem posteriormente utilizados no ensaio de determinação da permeabilidade horizontal.



Fig. 50 – Provetes parafinados, e colagem do tubo acrílico.

Na Figura 51, está ilustrado o material necessário utilizado no ensaio de determinação da permeabilidade horizontal.



Fig. 51 – Determinação da permeabilidade horizontal.

Os passos descritos nos parágrafos anteriores são repetidos para todos os provetes que compõem as misturas betuminosas deste estudo. De seguida calcula-se o caudal escoado e o coeficiente de permeabilidade pelas seguintes expressões:

$$Q_H = \frac{(m_2 - m_1)}{t} \times 10^{-6} \quad (14)$$

sendo

Q_H – caudal horizontal que passa pelo provete, (m³/s);

m_2 – massa do reservatório e da água recolhida no reservatório, $\pm 0,5$ (g);

m_1 – massa do reservatório vazio, $\pm 0,5$ (g);

t – tempo de recolha, (s).

Com o valor do caudal obtido em cada provete é determinado o coeficiente de permeabilidade pela seguinte expressão de Darcy:

$$K_H = \frac{Q_H \times l}{(H + P + 0,5 \times l) \times (\pi \times D \times l)} \quad (15)$$

sendo

K_H – permeabilidade horizontal, (m/s);

Q_H – caudal horizontal que passa pelo provete, (m³/s);

l – espessura do provete, (m);

H – altura do tubo desde a saída do tubo superior até ao tubo colado ao provete, (m);

P – altura do tubo colado ao provete, (m);

D – diâmetro do provete, (m).

Segundo a norma EN 12697-19 (CEN, 2004 e 2006), os resultados de permeabilidade horizontal devem estar compreendidos entre $0,5 \times 10^{-3}$ m/s e $3,5 \times 10^{-3}$ m/s.

A norma EN 13108-7 estabelece categorias para a permeabilidade vertical que vão desde $K_{h0,1}$ a $K_{h4,0}$ de acordo com o Quadro 23.

Quadro 23 – Permeabilidade horizontal, K_h .

Minino para permeabilidade horizontal 10^{-3} m/s	Categoria - K_h
4,0	$K_{h4,0}$
3,5	$K_{h3,5}$
3,0	$K_{h3,0}$
2,5	$K_{h2,5}$
2,0	$K_{h2,0}$
1,5	$K_{h1,5}$
1,0	$K_{h1,0}$
0,5	$K_{h0,5}$
0,1	$K_{h0,1}$
Não requerido	K_{hNR}

Os cálculos da Permeabilidade Vertical e Horizontal encontram-se no Anexo I.

5.3. ANÁLISE DE RESULTADOS

Nos Quadros 24 e 25 apresenta-se para as misturas em estudadas os resultados do caudal e coeficiente de permeabilidade médio, após se terem efetuado os ensaios de permeabilidade nos provetes produzidos em cada tipo de mistura.

Quadro 24 – Caudal e coeficiente de permeabilidade vertical médios, por tipo de mistura betuminosa drenante.

PA 12,5	A	B	C	D	Ect	Fct	Gct	I	II	III
Vm (mistura) - %	18,9	18,6	17,6	18,6	23,5	25,9	29,2	24	25	23,5
Permeabilidade vertical (K_v) - $\times 10^{-3}$ m/s	1,1	1,2	0,8	0,8	3,2	3,7	7	4,2	4,2	3,7
Categoria K_v	1,0	1,0	0,5	0,5	3,0	3,5	> 4,0	4,0	4,0	3,5
Caudal vertical (Q_v) - $\times 10^{-3}$ m ³ /s	0,042	0,045	0,032	0,032	0,115	0,139	0,263	0,278	0,288	0,240
Caudal vertical (Q_v) - L/min	2,51	2,68	1,91	1,90	6,88	8,35	15,77	16,68	17,30	14,42

Quadro 25 – Caudal e coeficiente de permeabilidade horizontal médios, por tipo de mistura betuminosa drenante.

PA 12,5	A	B	C	D	Ect	Fct	Gct	I	II	III
Vm (mistura) - %	18,9	18,6	17,6	18,6	23,5	25,9	29,2	24	25	23,5
Permeabilidade horizontal (Kh) - $\times 10^{-3}$ m/s	0,9	0,9	0,9	0,8	1,9	2,6	3,7	2,3	2,3	2,2
Categoria Kh	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	2,5	3,5	2,0	2,0	2,0
Caudal horizontal (Qh) - $\times 10^{-3}$ m ³ /s	0,093	0,097	0,094	0,082	0,207	0,273	0,388	0,235	0,235	0,225
Caudal horizontal (Qh) - L/min	5,56	5,83	5,61	4,94	12,40	16,39	23,29	14,10	14,09	13,51

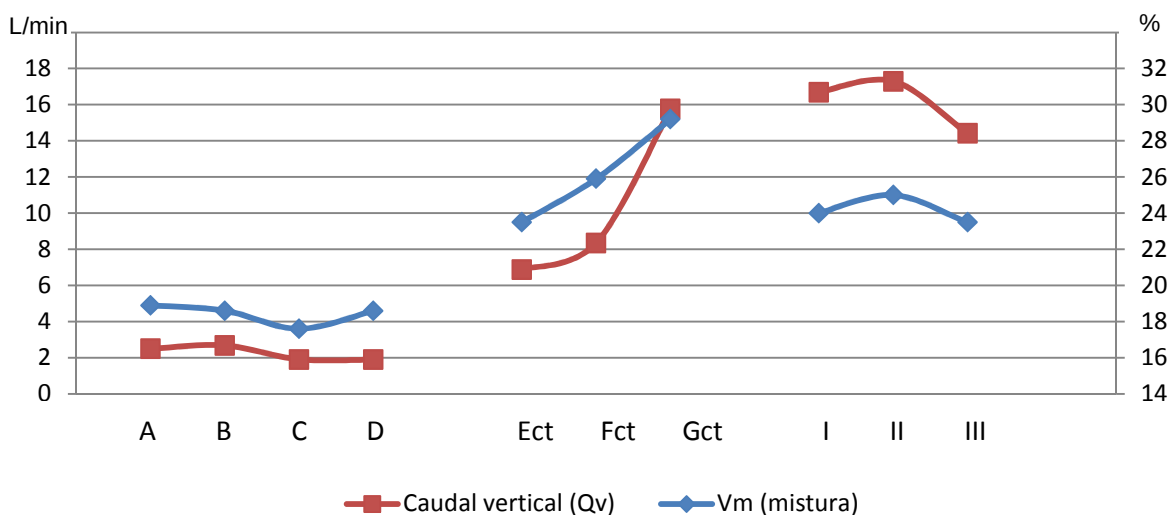


Fig. 52 – Caudal vertical médio e porosidade média por tipo de mistura betuminosa drenante.

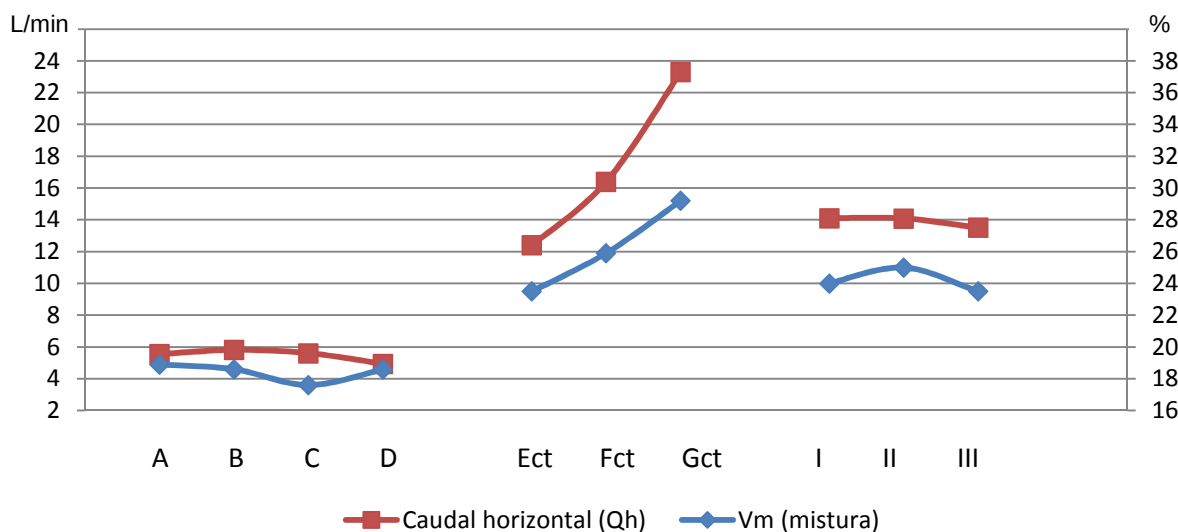


Fig. 53 – Caudal horizontal médio e porosidade média por tipo de mistura betuminosa drenante.

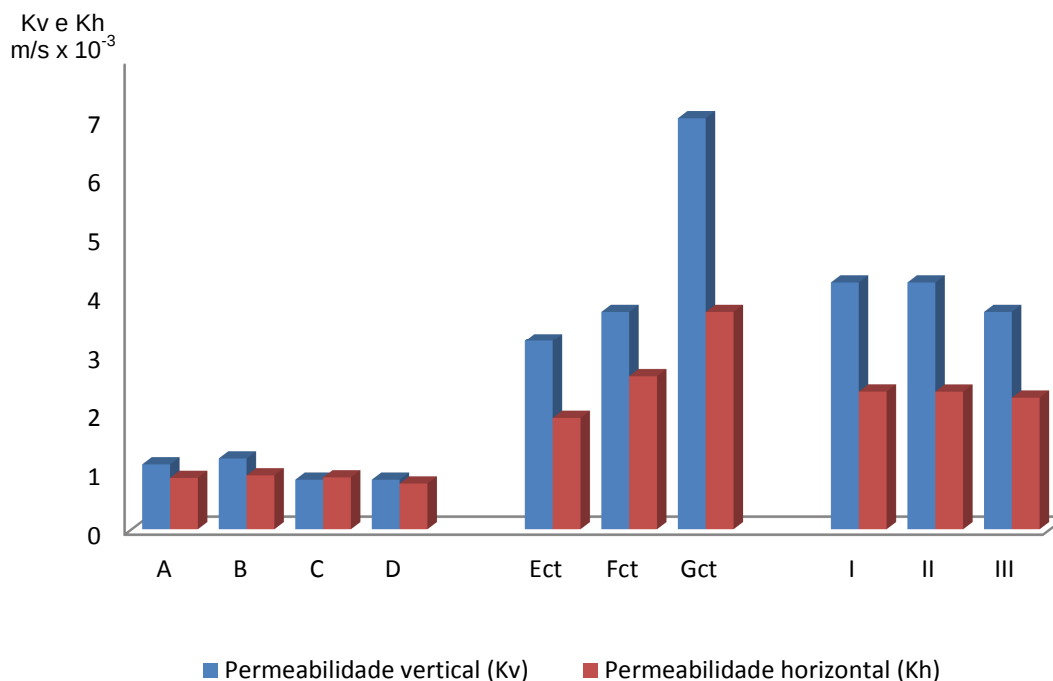


Fig. 54 – Permeabilidade vertical e horizontal média por tipo de mistura betuminosa drenante.

Numa primeira observação do caudal vertical apresentado nas misturas em estudo no gráfico da Figura 52, verificou-se que as misturas PA 12,5 – I, II e III apresenta a melhor correlação entre o caudal e a porosidade da mistura, esta situação pode estar relacionada com o método de compactação da mistura.

As misturas preparadas em laboratório apresentam uma homogeneidade no caudal vertical apresentado, à exceção da mistura PA 12,5 – C, tal facto resulta como mencionado anteriormente pelo facto de a mistura ser composta por cal hidratada. A cal hidratada confere uma melhor capacidade de compactação, alterando assim as capacidades de drenagem da mistura.

Quanto às misturas betuminosas com energia de compactação diferente verifica-se que é mais evidente a variação dos caudais vertical e horizontal entre a mistura PA12,5 – Ect, quando comparada com a mistura PA12,5 – Gct.

Por outro lado os resultados obtidos para os caudais verticais e horizontais nas misturas PA 12,5 – Ect e PA 12,5-Fct são semelhantes, quer dizer que a variação de energia neste caso não interfere tanto com o caudal drenando.

Nomeadamente no que se refere ao grau de compactação das misturas a mistura PA 12,5 – Fct apresenta uma compactação de 96,8 % e a mistura PA 12,5 – Gct possui uma compactação menor cujo valor é 92,5%.

Pela análise do gráfico da Figura53 verifica-se, que o caudal e o coeficiente de permeabilidade horizontal médios sofrem uma variação proporcional à porosidade da mistura, quer dizer, que uma redução da porosidade pressupõe uma redução do caudal e do coeficiente de permeabilidade da mistura.

Quanto às misturas produzidas com mistura betuminosa preparada em central observou-se que a mistura PA 12,5 – Ect apresenta um caudal da mesma ordem de grandeza quando comparada com as misturas recolhidas “in situ”, no entanto, o caudal vertical não apresenta esta harmonia. Esta situação

pode estar relacionada com a dimensão dos provetes, uma vez que os provetes moldados em laboratório apresentam uma espessura média de 6 cm e os recolhidos em obra 3,5 cm.

Por outro lado verifica-se que para a mesma porosidade o valor da permeabilidade vertical é maior que o valor da permeabilidade horizontal, no entanto, o caudal é mais elevado para a permeabilidade horizontal do que para a permeabilidade vertical. Pela análise dos Quadros 24 e 25 pode facilmente perceber-se esta relação. É de salientar que a permeabilidade vertical apresenta valores superiores à permeabilidade horizontal (Figura 54).

No caso das misturas betuminosas preparadas em laboratório esta proporção verifica-se, mas é de realçar que as permeabilidades horizontais foram determinadas em provetes diferentes dos estudados para a permeabilidade vertical, esta situação resultou pelo atraso inesperado na conceção do equipamento.

Relativamente as misturas recolhidas em obra não se verifica que o caudal horizontal seja superior ao caudal vertical, esta situação relaciona-se com a superfície lateral do provete, uma vez que para a recolha do provete foi utilizada uma carotadora.

5.4. PERMEABILIDADE "IN SITU" – NLT 327-00

Quanto a permeabilidade "in situ" esta foi determinada em função do permeâmetro LCS de acordo com a norma espanhola NLT-327/00 (CEDEX, NLT - 327, 2000). Trata-se de um permeâmetro de carga variável em que a permeabilidade da mistura drenante é avaliada pelo tempo em segundos, que demora a escoar-se pela mistura, um dado volume de água, que passa por um orifício de 3 cm de diâmetro. Este orifício tem a função de provocar uma perda de carga, que se traduz em relação ao caudal escoado e, portanto, em aumentar o tempo de escoamento do volume prescrito, o que permite medições mais rigorosas, Figura 48.

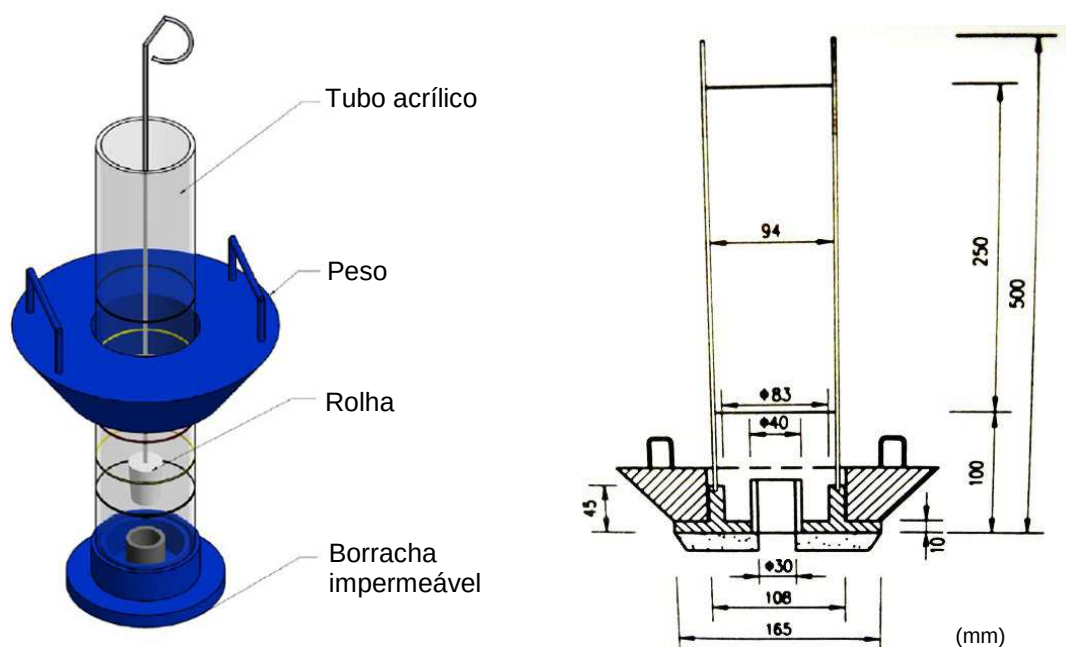


Fig. 55 – Permeâmetro LCS (CEDEX, NLT - 327, 2000).

As condições de escoamento quando se realiza o ensaio com o permeâmetro são diferentes das que ocorrem durante uma chuvada, em que toda a superfície da camada é igualmente molhada, havendo assim uma distribuição mais uniforme da água no interior da camada.

O procedimento de ensaio para determinação da permeabilidade "in situ" foi o seguinte: colocou-se o permeâmetro no ponto de leitura selecionado. Enche-se de água o tubo transparente do permeâmetro até cerca de 15 cm da marca superior e deixa-se escoar a água para saturar a zona do pavimento em análise. Volta-se a encher o tubo transparente até à marca superior e mede-se o tempo que demora a escoar a água, entre a marca superior e a marca inferior. Para a determinação da permeabilidade em cada ponto escolhido, foi necessário ter um reservatório de 20 l para cada ensaio e um cronómetro, com uma precisão de 0,5 s, como se apresenta na Figuras 56.



Fig. 56 – Metodologia do ensaio de permeabilidade "in situ" e especto final do caudal escoado sob o pavimento.

As características de permeabilidade do pavimento são determinadas em função do tempo de escoamento traduzida pela seguinte expressão:

$$\ln K = 7,624 - 1,348 \ln T \quad (16)$$

onde

K – coeficiente de permeabilidade, (cm/s.10⁻²);

T – tempo de escoamento da água no permeâmetro LCS, (s)

Os valores da permeabilidade podem ser obtidos ou através da expressão apresentada ou por utilização do gráfico na Figura 57.

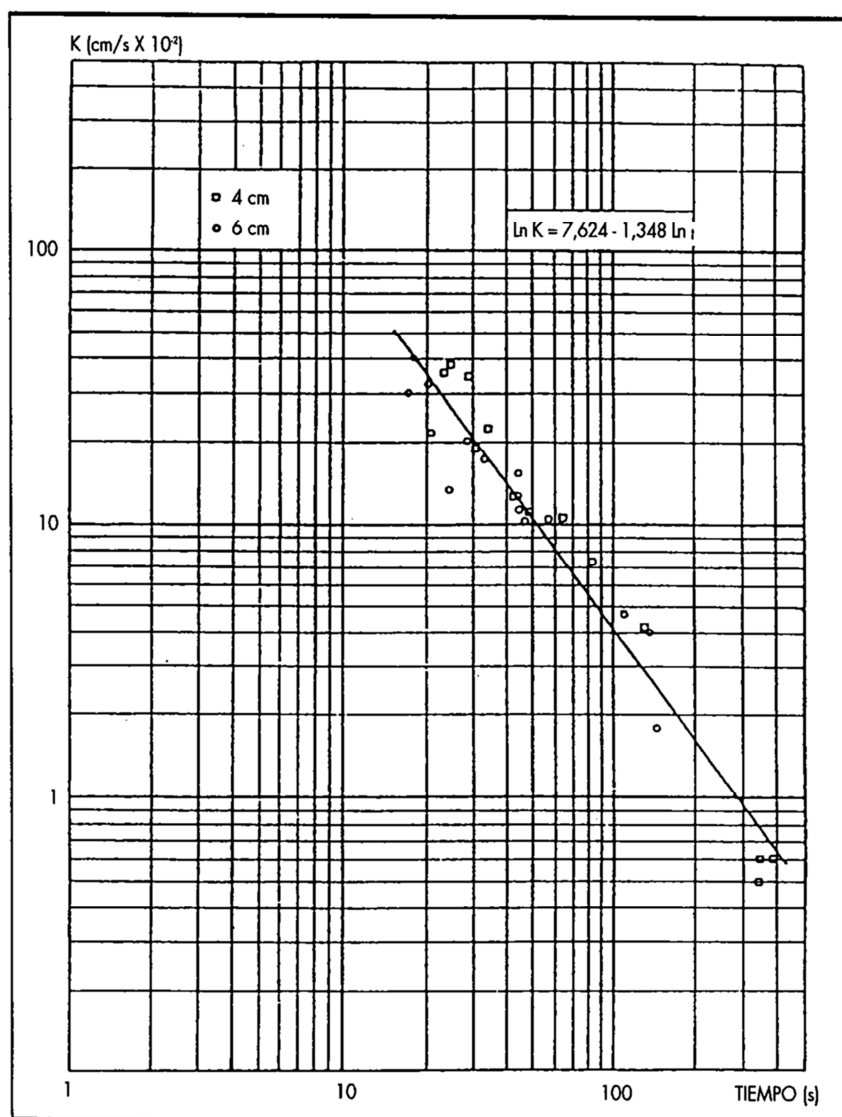


Fig. 57 – Correlação do coeficiente de permeabilidade/ tempo de escoamento. (CEDEX, 2000).

5.5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados apresentados no Quadro 26 correspondem a três zonas onde se realizaram os ensaios de permeabilidade "in situ" executados na autoestrada A3 – Porto/Valença, no sublanço Maia/Santo Tirso na faixa Norte/Sul, na berma exterior próximo do local onde foi recolhida a mistura betuminosa como é apresentado no Ponto 4.2.

Quadro 26 – Permeabilidade "in situ".

	PA 12,5 – I PK 17 + 890	PA 12,5 – II PK 17 + 875	PA 12,5 – III PK 17 + 862
Tempo (s)	27,0	24,0	24,0
K (cm/s $\times 10^{-2}$)	24,1	28,2	28,2
Vm (%)	24,0	25,0	23,5

Analisando os resultados dos permeâmetros, verifica-se que as três zonas respeitam o intervalo definido para o tempo de escoamento, sendo este entre 16 a 30 s.

Quando se compara a porosidade da mistura com o coeficiente de permeabilidade obtido verifica-se alguma incoerência de resultados, ou seja, a mistura PA 12,5 – III apresenta o coeficiente de permeabilidade mais elevado e por sua vez apresenta a menor porosidade.

A porosidade relaciona-se diretamente com a permeabilidade, logo o esperado seria que aumentando a porosidade o coeficiente de permeabilidade também aumenta-se.

O permeâmetro LCS permite analisar a capacidade de infiltração em pontos específicos na superfície dos pavimentos permeáveis e impermeáveis, identificando claramente os pontos impermeáveis e o estado de bloqueio que as misturas apresentam à superfície.

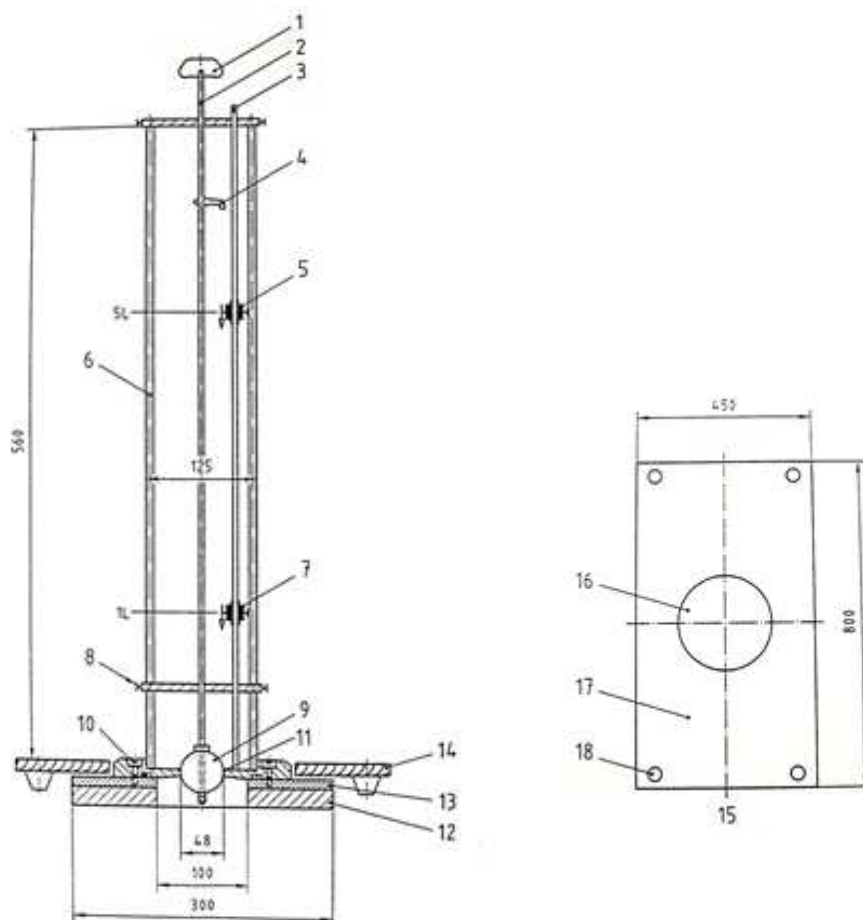
Os resultados oferecidos pelo permeâmetro LCS podem ser utilizados para avaliar corretamente o funcionamento deste tipo de misturas.

5.6. PERMEABILIDADE "IN SITU" – EN 12697- 40

A norma europeia EN 12697-40 - Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 40: In situ drainability (CEN, 2004), descreve o método para determinar "in-situ" a condutividade hidráulica de uma camada drenante. O ensaio determina a capacidade de drenar a água "in situ" de um revestimento.

Este ensaio também pode ser utilizado posteriormente, para estabelecer a alteração da capacidade de drenagem com o tempo.

O permeâmetro é usado para determinar o tempo necessário, correspondente ao escoamento de 4 l de água pela superfície de um pavimento, em condições climáticas conhecidas, Figura 58.



Legenda:

- | | | |
|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1- pega | 8- suporte para sensores | 14-placa de suporte (corte vertical) |
| 2- embolo | 9- esfera de borracha | 15 placa de suporte (vista em planta) |
| 3- suporte para sensores | 10- O-ring | 16- orifício central |
| 4- gancho do embolo | 11- orifício | 17- contraplacado |
| 5- sensor (opcional) | 12- esponja de vedação de borracha | 18- pé em borracha, 25 mm |
| 6- tubo vertical | 13- base em resina sintética | |
| 7- sensor (opcional) | | |

Fig. 58 – Permeâmetro.

O permeâmetro deverá ser calibrado de acordo com o Anexo A da norma EN 12697-8 (CEN, 2003). O tubo deverá ser de acrílico ou outro material transparente, de forma a que o nível da água possa ser observado a todo o momento. A Borracha de vedação deverá apresentar uma elasticidade uniaxial nominal de 0,9 MPa.

As dimensões críticas do permeâmetro devem ser as seguintes:

- diâmetro interior do tubo vertical ($125 \pm 0,5$) mm;
- comprimento do tubo vertical (560 ± 20) mm;

- diâmetro do orifício na base ($48 \pm 0,1$) mm;
- tampa do orifício ($15 \pm 0,5$) mm;
- diâmetro da bola de borracha ligada ao embolo ($51 \pm 0,5$) mm;
- diâmetro externo da base de borracha esponjosa sob a base (300 ± 2) mm;
- diâmetro interno da base de borracha esponjosa sob a base (100 ± 2) mm.

O método para determinar a permeabilidade "in situ" deve ser o seguinte:

- Definir 10 localizações, afastadas de 20 em 20 m, Figura 59, centradas numa diagonal ao longo do troço do pavimento a ensaiar;

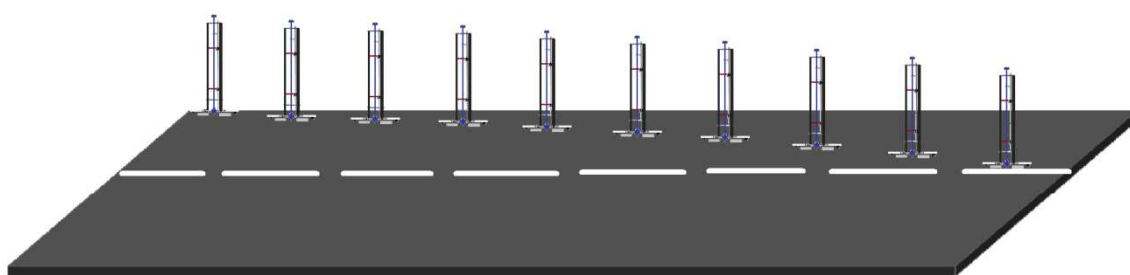


Fig. 59 – Disposição tipo de locais de teste.

- Para cada leitura no pavimento deve aplicar-se a força vertical uniforme, de cada um dos lados da base de borracha, esta carga deverá estar entre 1 a 2 kN;
- Encher o tubo acrílico, na totalidade, com água;
- Retirar a tampa do orifício, no interior do tubo e deixar escoar a água;
- Encher novamente o tubo, na totalidade, com água;
- Deixar escoar a água até à marca do nível 5 l;
- Retomar o escoamento, e efetuar a medição do tempo de escoamento entre as marcas do nível 5 l e 1 l. Registrar o tempo $t_{i,1}$, com aproximação 0,1 s;
- Repetir os passos para obter $t_{i,2}$;
- Calcular o tempo médio segundo a expressão:

$$t = \frac{(t_{i,1} + t_{i,2})}{2} \quad (17)$$

e o valor

$$[t_{i,1} - t_{i,2}] \quad (18)$$

para o ponto de leitura, com aproximação de 0,1 segundos.

- Calcula-se a média dos tempos de escoamento, para as 10 leituras efetuadas de t_i para as localizações de $i = 1$ a $i = 10$;
- O tempo de escoamento médio é corrigido para a temperatura de 20 °C dividindo-se pelo fator de correção correspondente de temperatura do Quadro 27;

Quadro 27 – Fatores de correção da temperatura.

Temperatura de água °C	Fator	Temperatura de água °C	Fator	Temperatura de água °C	Fator
0	1,79	10	1,31	21	0,98
1	1,73	11	1,27	22	0,96
2	1,67	12	1,24	23	0,94
3	1,62	13	1,20	24	0,91
4	1,57	14	1,17	25	0,89
5	1,52	15	1,14	26	0,87
6	1,47	16	1,11	27	0,85
7	1,43	17	1,08	28	0,83
8	1,39	18	1,06	29	0,81
9	1,34	19	1,03	30	0,79

O cálculo do coeficiente de escoamento para a área é determinado pela seguinte equação:

$$HC = \frac{1}{(t - r)} \quad (19)$$

onde:

HC – condutibilidade hidráulica relativa com aproximação $0,01 \text{ s}^{-1}$, (s^{-1});

t – tempo médio de escoamento, (s);

r – série de resistência do tempo de saída, (s).

Na Figura 60, apresenta-se uma imagem do permeâmetro “in situ” de acordo com a norma EN 12697-40.



Fig. 60 – Permeômetro “In Situ” da Mecânica Científica, SA.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal estudar e avaliar a permeabilidade vertical e horizontal em laboratório, nas misturas betuminosas drenantes referenciadas pela norma europeia 13018-7 por PA 12,5. A conceção desta mistura betuminosa e o estudo das suas propriedades estão moldadas segundo a legislação das Normas Europeias, de modo a que as exigências de desempenho, tanto estruturais como funcionais, sejam materializadas.

O ensaio descrito na norma EN 12697-19, ensaio de determinação da permeabilidade em laboratório em provetes de misturas betuminosas drenantes é um procedimento simples de executar, mas todavia pouco conhecido em Portugal. Este ensaio permite avaliar a capacidade de drenagem de uma mistura betuminosa drenante com elevada porosidade.

A partir dos valores do caudal e permeabilidade é possível estudar diferentes formulações e composições de misturas betuminosas, avaliando a percentagem de vazios e a forma de comunicação dos vazios internos das misturas betuminosas drenantes.

Quanto ao procedimento da norma, verificou-se alguma dificuldade em perceber as características dos materiais para o equipamento necessário para determinar a permeabilidade, nomeadamente no que diz respeito ao manguito de borracha, que impermeabiliza a superfície lateral dos provetes.

O ensaio de permeabilidade “in situ” frequentemente adotado para a leitura da permeabilidade num pavimento drenante, como medida indireta da sua capacidade drenante, revela-se muito limitado, uma vez que o mesmo apenas permite medir pontualmente esta característica, não nos dando uma indicação precisa do estado da via e faixa como um todo.

Estes métodos de avaliação da permeabilidade não são relacionáveis uma vez que o permeâmetro “in situ” não limita a superfície de escoamento da água durante a realização do ensaio, podendo esta ser drenada verticalmente e horizontalmente sem imposições de barreiras físicas como se verifica no procedimento em laboratório.

Como trabalhos futuros seria importante verificar a influência da espessura dos provetes utilizados na quantificação da permeabilidade em laboratório.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, M. C. (2003, maio/junho). *Porous Asphalt Pavement With Recharge Beds*. -California Asphalt Pavement Association: <http://calapa.net/stormwater.html> - 6-Abril de 2012
- Barra, B. S. (2009). Avaliação da ação da água no modulo complexo e na fadiga de misturas asfálticas densas. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Branco, F., Pereira, P., & Santos, L. P. (2005). *Pavimentos Rodoviários*. Coimbra: Edições Almedina, SA.
- CEDEX. (1992). NLT 362. *Efecto del agua sobre la cohesión de mezclas bituminosas de granulometría abierta, mediante ensayo cántabro de pérdida por desgaste*. CEDEX.
- CEDEX. (2000). NLT - 327. *Permeabilidad in situ de pavimentos drenantes com el permeámetro LCS*. CEDEX.
- CEDEX. (2000). NLT-352. *Caracterización de las mezclas bituminosas abiertas por medio del ensayo cántabro de pérdida de desgaste*. CEDEX.
- CEN. (2002, September). EN 12697-29. *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 29: Determination of the dimensions of a bituminous specimen* . Brussels: CEN.
- CEN. (2003, March). EN 12697-8. *Bituminous mixtures-Test methods for hot mix asphalt -Parte 8: Determination of void characteristics of bituminous specimens*. Brussels: CEN.
- CEN. (2004 e 2006, July and December). EN 12697-19:2004prA1. *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 19: Permeability of specimen*. Brussels: CEN.
- CEN. (2004, July). EN 12697-31. *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 31: Specimen preparation by gyratory camactor*. Brussels: CEN.
- CEN. (2004, January). prNE 12697-40. *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 40: In-situ drainability* . Brussels: CEN.
- CEN. (2006, December). EN 12697-35. *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 35: Laboratory mixing*. Brussels.
- CEN. (2006, May). EN 13108-7. *Bituminous mixtures - Material specifications - Part 7: Porous Asphalt* . Brussels: CEN.
- CEN. (2007, July). EN 12697-5:2002+A1. *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 5:Determination of the maximum density*. Brussels: CEN.
- DGC. (2003, dezembro 12). *ORDEN FOM/3459/2003, BOE núm. 297*. Dirección General de Carreteras, Espanha: http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A2003-22786 – 28 março de 2012
- Estradas de Portugal, S. (2012, janeiro). *Caderno de Encargos Tipo Obra - 14.03 - Pavimentação*. Portugal.
- Ferreira, C. A. (2007). *Evolução da Permeabilidade em Pavimentos Drenantes* MSc. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- HA. (1991). *Highways.gov.uk*.- Desing for Manual and Bridges; Volume 7, Secção 5, Parte 2 HD 37/99: <http://www.dft.gov.uk/ha/standards/dmrb/index.htm> - 15 março de 2012

- Hernández, J. R. (2008). Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráficos ligeros. Universidad de Cantabria.
- INIR. (n.d.). *Instituto de Infraestruturas Rodoviárias*. <http://www.inir.pt> - Disposições Normativas - 16 junho de 2012
- IPQ. (2008). NP EN 13108-20. *Misturas betuminosas - Especificações dos materiais Parte 20:Ensaio Tipo*. Caparica: IPQ.
- IPQ. (2009). NP EN 12697-30:2004+A1. *Misturas betuminosas - Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente Parte:30 - Preparação de provetes por compactador de impacto*. Caparica: IPQ.
- IPQ. (2010). NP EN 12697-6:2003+A1. *Misturas betuminosas - Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente Parte 6: Determinação da baridade de provetes betuminosos*. Caparica: IPQ.
- Lozano, J. L., & Montoro, R. C. - Permeabilidade de probetas en laboratorio, UNE EN 12697-19. Aplicación práctica para mezclas porosas. Madrid, Espanha.
- McDaniel, R. S., Thornton, W. D., & Jorge. (2004, maio). Field Evaluation of Porous. India.
- MOPU. (1987 - novembro). *Mezclas bituminosas Porosas*. Tecnologia Carreteras.
- Oliveira, I. M. (1995). *Misturas Betuminosas Drenantes - Estudo da influência de alguns Parâmetros da Composição MSc*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Oliveira, C. G. (2003). *Estudo de Propriedades Mecânicas e Hidráulica do Concreto Asfáltico Drenante MSc*. Faculdade Tecnologia da Universidade de Brasília.
- Paiva, G. (n.d.).- Pavia – Pavimentos e Vias S.A: www.forma-te.com/mediateca/download.../16196-01-pavidren.html - 7 março de 2012
- Ribeiro, J. M. (1995). *Análise do Comportamento de Camadas de Desgaste Drenantes com Materiais Graníticos*. MSc. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto .
- Rohde, L. (2007). *Estudo de misturas asfálticas de modulo elevado para camadas estruturais de pavimentos*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ANEXO – A

FICHA TÉCNICA DO PRODUTO

DADOS GERAIS

PEDREIRA VILA VERDE Nº 2 - FORNELO / VILA DO CONDE

04

0866 - CPD - 2004/CE.015

NP EN 13043:2004/AC:2010

AGREGADOS PARA MISTURAS BETUMINOSAS E TRATAMENTOS SUPERFICIAIS PARA ESTADAS E OUTRAS ÁREAS DE CIRCULAÇÃO

AGB (0/4)

REQUISITOS GEOMÉTRICOS

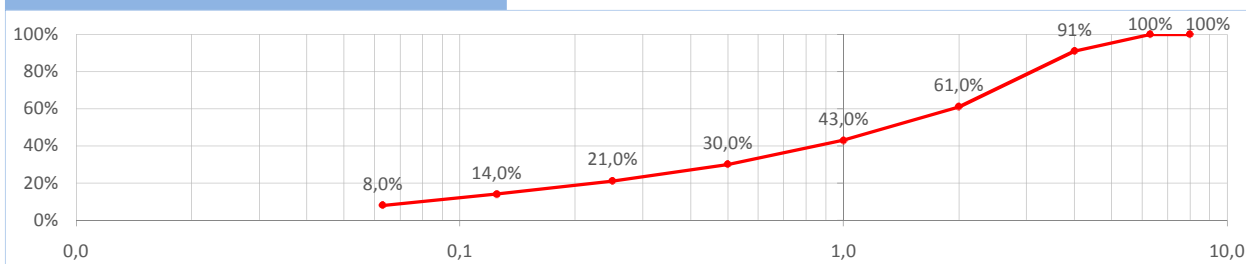
GRANULOMETRIA

REQUISITOS		CATEGORIA	PENEIRO		VALORES		
					MIN	TÍPICO	MAX
GERAIS		GA 85	2 D	8,00 mm	100%	100%	100%
			1,4 D	6,30 mm	98%	100%	100%
			D	4,00 mm	85%	91%	100%
			NA	-	-	-	-
			NA	-	-	-	-
AGREGADO GROSSO	LIM. GERAIS	GNR	NA	-	-	-	-
	TOLERÂNCIAS		NA	-	-	-	-
FINO E AGE	TOLERÂNCIAS	GTC20	D	4,00 mm	86%	91%	96%
			D/2	2,00 mm	41%	61%	81%
			d	0,063 mm	5%	8%	11%

OUTRAS PROPRIEDADES

DESIGNAÇÃO		CATEGORIA VALOR DECLARADO
TEOR DE FINOS		f ₁₆
QUALIDADE DOS FINOS	AZUL METILENO	MBF ₁₀
FORMA DO AGREGADO GROSSO	ÍNDICE DE FORMA	SI _{NR}
	ÍNDICE DE ACHATAMENTO	FI _{NR}
AGREGADO GROSSO	% DE PARTICULAS ESMAGADAS E PARTIDAS	C _{100/0}

CURVA GRANULOMÉTRICA



REQUISITOS FÍSICOS

PRINCIPAIS PROPRIEDADES

RESISTÊNCIA À FRAGMENTAÇÃO DO AGREGADO GROSSO (LOS ANGELES):			LA ₂₅
RESISTÊNCIA AO DESGASTE POR ATRITO DO AGREGADO GROSSO (MICRO-DEVAL):			MDE ₁₀
MASSA VOLUMICA DAS PARTICULAS E ABSORÇÃO DE ÁGUA	MASSA VOLUMICA DAS PARTICULAS	APARENTE:	pa _{2,67}
		PARTICULAS SECAS:	prd _{2,66}
		PARTICULAS SATURADAS:	pssd _{2,67}
		ABSORÇÃO DE ÁGUA:	WA ₂₄
BARIDADE:			pb _{1,49}
AFINIDADE DOS AGREGADOS GROSSOS AOS LIGANTES BETUMINOSOS:			6h - 86% / 24h-49%

REQUISITOS QUÍMICOS

ANÁLISE PETROGRÁFICA

Granito ígneo plutónico, hercínico, constituído essencialmente por quartzo (2 a 8mm), feldspato (2 a 20mm), micas (0,5 a 2 mm) e outros. Estrutura compacta, com textura holocristalina, fanerítica, grão médio a grosseiro com tendência porfiróide.

FICHA TÉCNICA DO PRODUTO

DADOS GERAIS

PEDREIRA VILA VERDE Nº 2 - FORNELO / VILA DO CONDE

04

0866 - CPD - 2004/CE.015

NP EN 13043:2004/AC:2010

AGREGADOS PARA MISTURAS BETUMINOSAS E TRATAMENTOS DE SUPERFICIAIS PARA ESTRADAS, AEROPORTOS E OUTRAS ÁREAS DE CIRCULAÇÃO

AGB (4/8 Drenante)

REQUISITOS GEOMÉTRICOS

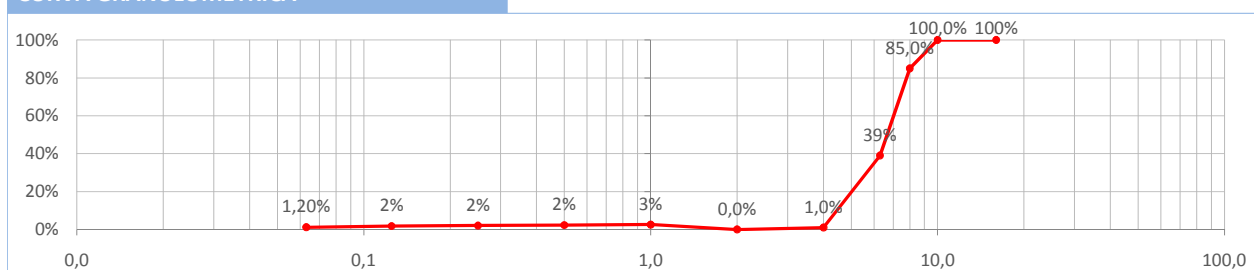
GRANULOMETRIA

REQUISITOS		CATEGORIA	PENEIRO		VALORES		
					MIN	TÍPICO	MAX
GERAIS		GC 85/15	2 D	16,00 mm	100%	100%	100%
			1,4 D	10,00 mm	98%	100,0%	100%
			D	8,00 mm	85%	85,0%	100%
			d	4,00 mm	0%	1,0%	15%
			d/2	2,00 mm	0%	0,0%	2%
AGREGADO GROSSO	LIM. GERAIS	G20/15	D/1,4	6,30 mm	20%	39%	70%
	TOLERÂNCIAS		D/1,4	6,30 mm	24%	39%	54%
FINO E AGE	TOLERÂNCIAS	GTCNR	D	-	-	-	-
			D/2	-	-	-	-
			d	-	-	-	-

OUTRAS PROPRIEDADES

DESIGNAÇÃO		CATEGORIA VALOR DECLARADO
TEOR DE FINOS		f 1
QUALIDADE DOS FINOS	AZUL METILENO	MBF _{NR}
FORMA DO AGREGADO GROSSO	ÍNDICE DE FORMA	SI ₁₅
	ÍNDICE DE ACHATAMENTO	FI ₁₀
AGREGADO GROSSO	% DE PARTICULAS ESMAGADAS E PARTIDAS	C _{100/0}

CURVA GRANULOMÉTRICA



REQUISITOS FÍSICOS

PRINCIPAIS PROPRIEDADES

RESISTÊNCIA À FRAGMENTAÇÃO DO AGREGADO GROSSO (LOS ANGELES):			LA ₂₀
RESISTÊNCIA AO DESGASTE POR ATRITO DO AGREGADO GROSSO (MICRO-DEVAL):			MDE ₁₀
MASSA VOLUMICA DAS PARTICULAS E ABSORÇÃO DE ÁGUA	MASSA VOLUMICA DAS PARTICULAS	APARENTE:	pa _{2,67}
		PARTICULAS SECAS:	prd _{2,62}
		PARTICULAS SATURADAS:	pssd _{2,64}
	ABSORÇÃO DE ÁGUA:		WA _{24 0,50}
BARIDADE:			pb _{1,39}
AFINIDADE DOS AGREGADOS GROSSOS AOS LIGANTES BETUMINOSOS:			6h - 70% / 24h-30%

REQUISITOS QUÍMICOS

ANÁLISE PETROGRÁFICA

Granito ígneo plutónico, hercínico, constituído essencialmente por quartzo (2 a 8mm), feldspato (2 a 20mm), micas (0,5 a 2 mm) e outros. Estrutura compacta, com textura holocristalina, fanerítica, grão médio a grosseiro com tendência porfiróide.

FICHA TÉCNICA DO PRODUTO

DADOS GERAIS

PEDREIRA VILA VERDE Nº 2 - FORNELO / VILA DO CONDE

04

0866 - CPD - 2004/CE.015

NP EN 13043:2004/AC:2010

AGREGADOS PARA MISTURAS BETUMINOSAS E TRATAMENTOS DE SUPERFICIAIS PARA ESTRADAS, AEROPORTOS E OUTRAS ÁREAS DE CIRCULAÇÃO

AGB (8/14 Drenante)

REQUISITOS GEOMÉTRICOS

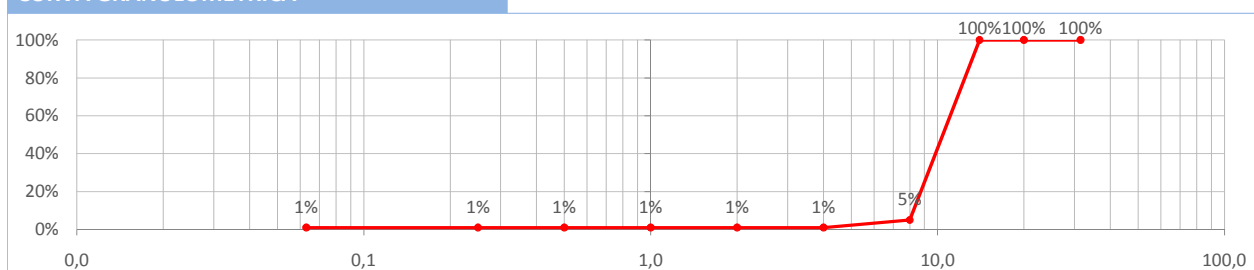
GRANULOMETRIA

REQUISITOS		CATEGORIA	PENEIRO		VALORES		
					MIN	TÍPICO	MAX
GERAIS		GC 90/15	2 D	31,50 mm	100%	100%	100%
			1,4 D	20,00 mm	98%	100%	100%
			D	14,00 mm	90%	100%	99%
			d	8,00 mm	0%	5%	15%
			d/2	4,00 mm	0%	1%	5%
AGREGADO GROSSO	LIM. GERAIS	GNR	NA	-	-	-	-
	TOLERÂNCIAS		NA	-	-	-	-
FINO E AGE	TOLERÂNCIAS	GTCNR	NA	-	-	-	-
			NA	-	-	-	-
			NA	-	-	-	-

OUTRAS PROPRIEDADES

DESIGNAÇÃO		CATEGORIA VALOR DECLARADO
TEOR DE FINOS		f 1
QUALIDADE DOS FINOS	AZUL METILENO	MBF _{NR}
FORMA DO AGREGADO GROSSO	ÍNDICE DE FORMA	SI 15
	ÍNDICE DE ACHATAMENTO	FI 10
AGREGADO GROSSO	% DE PARTICULAS ESMAGADAS E PARTIDAS	C _{100/0}

CURVA GRANULOMÉTRICA



REQUISITOS FÍSICOS

PRINCIPAIS PROPRIEDADES

RESISTÊNCIA À FRAGMENTAÇÃO DO AGREGADO GROSSO (LOS ANGELES):			LA ₂₅
RESISTÊNCIA AO DESGASTE POR ATRITO DO AGREGADO GROSSO (MICRO-DEVAL):			MDE ₁₀
MASSA VOLUMICA DAS PARTICULAS E ABSORÇÃO DE ÁGUA	MASSA VOLUMICA DAS PARTICULAS	APARENTE:	pa _{2,66}
		PARTICULAS SECAS:	prd _{2,62}
		PARTICULAS SATURADAS:	pssd _{2,63}
	ABSORÇÃO DE ÁGUA:		WA _{24 0,50}
BARIDADE:			pb _{1,36}
AFINIDADE DOS AGREGADOS GROSSOS AOS LIGANTES BETUMINOSOS:			6h - 70% / 24h-30%

REQUISITOS QUÍMICOS

ANÁLISE PETROGRÁFICA

Granito ígneo plutónico, hercínico, constituído essencialmente por quartzo (2 a 8mm), feldspato (2 a 20mm), micas (0,5 a 2 mm) e outros. Estrutura compacta, com textura holocristalina, fanerítica, grão médio a grosseiro com tendência porfiróide.

ANEXO – B



Asphacal®H,

O agente que altera multi-funcionalmente as massas betuminosas

Código Europeu: EINECS 215-137-3
Rev: 01

Referência:FP 351 CH 01 A
Data: 1/2010

Asphacal® H é um produto da gama Asphacal® desenvolvida por Lhoist para responder às exigências dos trabalhos de engenharia civil. Asphacal® é uma marca registada do Grupo Lhoist

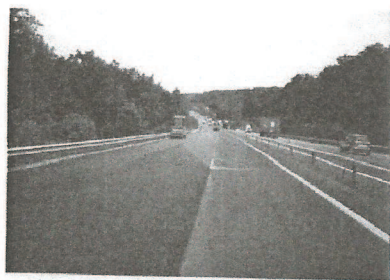
Granulometria:
Passando à 200 µm ≥ 96%
Passando à 90 µm ≥ 80%
Superfície Específica 1,5 a 2 m²/g

Densidade aparente 0,35 Mgm³
Peso específico 2,25 Mgm³

Características Químicas
Teor (CaO+MgO) em total ≥ 90%
Teor em CAO livre ≥ 50%.
Teor em MgO < 5%
Teor de CO₂ < 7%
Teor SO₃ < 2%
Teor de água livre < 2%



Incorporação de Asphacal H através de elevador a frio.



Revestidos à base de granulação de escória com Asphacal H Auto-estrada A31 em 1999

Descrição do produto

Asphacal®H é um reagente cálcico, altamente eficiente, concebido para o tratamento dos materiais betuminosos. Asphacal®H contribui activamente para a melhoria dos desempenhos e para durabilidade das massas betuminosas.

Propriedades

Redução da oxidação do betume:

- .aumento da duração de serviço das massas
- .melhoria do comportamento das massas a baixas temperaturas

Efeito rigidificante sobre o betume intergranular

- .suprime o escorrimento das massas formuladas fortemente descontínuas .redução da ressudação.

.melhoria da resistência do asfalto

Melhoria da aderência betume/ granulação

.tratamento das granulações difíceis (ácidas, silicosos ou poluídos) Aplicações específicas

.tratamento dos fenómenos "de sopa" (granulações porosas, basalto, escoria) .espuma pesada, massas vazadas a frio

Principais domínios de aplicação

Fabrico massas a quente, massas vazadas a frio, emulsão pesada e espuma pesada.

Acondicionamento

Asphacal®H é entregue a granel, na forma de pó fluido, em camião por descarga pneumática.

Armazenamento

armazenar ao abrigo da humidade. Para uma boa gestão dos vossos abastecimentos prever um armazenamento mínimo de 60 m³.

Aplicação

a incorporação de Asphacal® H pode fazer-se:

- .directamente no misturador de massas,
- .via um enchimento activo produzido nas nossas fábricas (mistura de Asphacal H e de enchimento Asphacal em proporções determinadas de antemão) seguidamente introduz no misturador de massas;
- .por pré-tratamento das granulações em pedreira ou na central

Conformidade com as normas

Características físicas e químicas: NF EN 459: Cal de construção (Classe CL 90 S)
Asphacal® H é um produto de construção marcado CE.

Dados de segurança

Ficha de dados de segurança disponível a pedido



Lusical

01- 06-2010



Valverde—2025-201 Alcanede - Portugal
Telefone (+351)243 409 040: - Fax (+351) 243 400 474—E-mail: info.lusical@lhoist.com

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE CE

SECIL MARTINGANÇA, SA

Sede:

Apartado 2 EC MACEIRA

2406-909 MACEIRA LRA

Telef. 244 770 220 Fax 244 777 997

e-mail: geral@secilmartinganca.pt

www.secilmartinganca.pt

Fábrica:

Rua do Mercado, s/nº

2405-018 MACEIRA LRA

Telef. 244 770 220 Fax: 244 777 997

Fíler Comercial - Cal Hidráulica Natural NHL5



09

Norma de referência: NP EN 13043

Utilização prevista: Agregado para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação.

Características

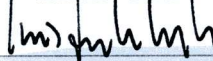
Granulometria:	% de passado (massa)
2 mm	100
0,125 mm	95 ± 5
0,063 mm	80 ± 5
Teor em água	≤ 1 %
Finura (blaine)	5000 a 6400 cm ² /g
Massa Volúmica do Fíler	2,70 a 2,90 Mg/ m ³
Vazios de fíler seco compactado	28/45 %
Varição de temperatura anel e bola	DND ⁽¹⁾
Número de betume do fíler comercial	DND ⁽¹⁾
Solubilidade em água	WS ₁₀
Susceptibilidade em água	DND ⁽¹⁾
Azul de metileno	MB _{F10}
Massa Volúmica aparente (querosene)	0,5 a 0,9 Mg/m ³

(1) - desempenho não determinado (anexo ZA, secção ZA, 1 da NP EN 13043)

Certificado de Controlo de Produção da Fábrica

1328 - CPD - 0148

Director Geral



Luis Goucha dos Santos

11 de Novembro de 2010

TC.E.0355/1

SECIL MARTINGANÇA S.A.

Apartado 2
2406-909 MACEIRA LRA - PORTUGAL
Tel: 244 770 220 - Fax: 244 777 997

geral@secilmartinganca.pt
www.secilmartinganca.pt

ANEXO – C

FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA

DESIGNAÇÃO COMERCIAL: BETUME MODIFICADO

PRODUTO: PMB 45/80 - 65

1- IDENTIFICAÇÃO DA SUSTÂNCIA/PREPARAÇÃO E DA EMPRESA

Nome Químico	Betume modificado
Fórmula:	Ligante hidrocarbonado, resultante da interação física e/ ou química de polímeros com betume asfáltico.
Utilização:	Betume para pavimentações rodoviárias.
Contactos: Sede:	PROBIGALP Ligantes Betuminosos, S.A. Zona Industrial 2040-998 Rio Maior Tel: 243 999 240 Fax: 243 999 241
Unidade Industrial Amarante:	Estrada Várzea / Gião 4600-551 Amarante Tel: 255 460 000 Fax: 255 460 001
Unidade Industrial Rio Maior:	Zona Industrial 2040-998 Rio Maior Tel: 243 999 240 Fax: 243 999 241
INEM -Instituto Nacional de Emergência médica:	Porto: 222 065 000 Lisboa: 213 508 100
Nº nacional de emergência:	112

2- COMPOSIÇÃO/INFORMAÇÃO SOBRE OS COMPONENTES

Composição:	Betume asfáltico com polímeros elastómeros. A percentagem de polímero é sempre inferior a 15%.				
Informação sobre os componentes:		Concentração (%)	Símbolos e frases de risco	Nº CAS	Nº EINECS
	Betume	> 85	-	8052-42-4	232-490-9
	Polímero	< 15	-	106017-54-4	-

3- IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS

Classificação:	Produto não classificado como perigoso segundo os critérios da União Europeia.
Perigos para o ambiente:	Produto não classificado como perigoso para o ambiente segundo os critérios da União Europeia.
Perigos para o homem:	À temperatura ambiente não representa qualquer risco para a saúde humana. O betume é manuseado a temperaturas elevadas, podendo causar queimaduras. Quando aquecido liberta fumos. Embora se considere que estes não provocam riscos significativos para a saúde, a prudência aconselha a limitar ao mínimo a exposição a estes fumos, através da observação de práticas de trabalho correctas e de uma ventilação adequada. O Sulfureto de hidrogénio pode acumular-se no vazio dos tanques de armazenagem e atingir concentrações potencialmente perigosas
Outros perigos:	O betume é manuseado e armazenado acima dos 100°C. O contacto do betume quente com a água resulta numa expansão violenta devido à produção de vapor de água, o que pode provocar danificação ou perda completa dos tanques de armazenagem. Este contacto pode ainda dar origem a erupções violentas. Embora não esteja classificado como inflamável, o betume é constituído por hidrocarbonetos que podem arder.

4- PRIMEIROS SOCORROS

Contato com os olhos:	Produto frio: Irrigar os olhos com grandes quantidades de água, assegurando que as pálpebras se mantêm abertas. Recorrer a serviços médicos no caso de aparecimento ou persistência de dor ou vermelhão. Produto quente: Irrigar com abundantes quantidades de água durante, pelo menos, 5 minutos, para dissipar o calor. O betume deve somente ser removido por pessoal qualificado. Obter assistência médica com urgência.
Contato com a pele:	Onde ocorrem queimaduras, irrigar com água, durante, pelo menos, 10 minutos, para dissipar o calor. Não tentar remover o betume solidificado da pele. Este funciona como uma capa protectora sobre a pele queimada. No final o betume cairá com a crosta à medida que a queimadura cicatriza. Solicitar assistência médica. Em caso de salpicaduras de betume frio retirar o produto com água e sabão. Todas as queimaduras devem ser objecto de cuidados médicos. Em geral, o tratamento deve ser sintomático e dirigido para o alívio de qualquer efeito. Se por qualquer motivo o betume necessitar de ser removido, isso pode ser feito com o auxílio de parafina líquida medicinal ligeiramente aquecida.
Ingestão:	Apesar de altamente improvável nas condições normais de utilização, se ocorrer ingestão não dar nada a comer ou a beber e não induzir o vômito. Obter assistência médica.
Inalação:	Se a inalação de névoas, fumos ou vapores causar irritação do nariz ou garganta, ou tosse, retirar a vítima para local arejado. Se os sintomas persistirem, obter assistência médica. As vítimas que sofram de efeitos resultantes de exposição ao sulfureto de hidrogénio devem ser transportadas para local arejado e assistidas, sem demora, por um médico. As vítimas inconscientes devem ser colocadas em posição de recuperação. Monitorizar a respiração e o pulso. Se a respiração tiver falhado ou se se considerar inadequada, aplicar respiração artificial, preferencialmente boca-a-boca. Fazer massagem cardíaca externa, se necessário. Obter assistência médica imediatamente.

5- MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIOS

Perigos particulares de incêndio e exposição:	O contacto do betume quente com a água resulta numa expansão violenta devido à produção de vapor de água, o que pode provocar a danificação ou perda completa do tecto dos tanques de armazenagem. Este contacto pode dar ainda origem a erupções violentas. Problemas respiratórios ou náuseas por exposição excessiva ao fumo de betume quente. A combustão tem tendência a formar uma mistura complexa de gases e partículas, incluindo monóxido de carbono e óxidos de enxofre.
Meios de extinção:	Recomendados: Pó químico, espuma, gás inerte, dióxido de carbono, água pulverizada (spray), areia. Contra-indicados: Nunca usar jactos de água.
Produtos de combustão potencialmente perigosos:	A combustão incompleta ou parcial, pode gerar gases que podem ser noivos para a saúde. Evitar a sua inalação.
Equipamento de protecção e procedimentos:	Equipamento de protecção adequado, incluindo luvas, sapatos de protecção, óculos de protecção e/ou aparelho de respiração autónomo. Ver também o capítulo 8 (protecção pessoal).

6 - MEDIDAS A TOMAR EM CASO DE FUGAS ACIDENTAIS

Precauções individuais:	Em espaços confinados, não permitir que a água ou outro líquido entre em contacto com o betume quente. Ver também capítulo 8 (protecção pessoal).
Precauções ambientais:	O betume modificado é um produto não miscível com água, pelo que não é provável a contaminação de cursos de água, águas superficiais e subterrâneas e de solos.
Métodos de limpeza:	Pequenos derrames: Deixar arrefecer e solidificar. Colocar dentro de contentores para eliminação ou recuperação de acordo com legislação aplicável. Grandes derrames: Conter o produto e cobrir o derrame com areia ou terra. Recolher os resíduos para contentores para serem tratados de acordo com a legislação em vigor por empresas autorizadas.

7- MANUSEAMENTO E ARMAZENAGEM

Manuseamento:	Para evitar a emissão de fumos tentar manusear o produto à menor temperatura possível. Todos os veículos de transporte devem-se ligar electricamente à terra. Devem ser usadas mangueiras limpas, secas e resistentes ao calor. Não utilizar vapor para esvaziar tubagens e mangueiras. Não usar solventes para desobstruir tubagens. Pode utilizar-se calor moderado para desobstrução de tubagens.
---------------	---

Armazenagem:	O betume é armazenado de forma líquida a temperaturas elevadas, inferiores a 180°C. Impedir a entrada de água. A armazenagem prolongada em tanques a altas temperaturas pode originar a acumulação de sulfureto de hidrogénio.
--------------	--

8- CONTROLO DA EXPOSIÇÃO/ PROTECÇÃO INDIVIDUAL

Precauções Gerais:	A exposição aos fumos do betume deve ser minimizada. Quando o betume for manuseado em espaços fechados utilizar ventilação local adequada.
Protecção pessoal:	
Respiratória:	Em condições normais de trabalho e de ventilação adequada, não é normalmente necessária. Usar aparelho de protecção respiratória em espaços onde se possa acumular sulfureto de hidrogénio.
Mãos:	Usar luvas resistentes ao calor.
Olhos:	Usar óculos de protecção.
Corpo:	Usar vestuário de protecção resistente ao calor . Usar botas resistentes ao calor. Sempre que se preveja a ocorrência de projecções do produto quente, usar protecção completa da cabeça, da face e do pescoço.
Práticas de Higiene:	Lavar regularmente os fatos de trabalho de forma a evitar a passagem de betume através dos mesmos. A boa higiene pessoal no que se refere às mãos e à roupa interior deve sempre ser mantida durante o decurso do trabalho.
Controlo da exposição:	Evitar todas as possibilidades de exposição que não sejam imprescindíveis ao fumo produzido pelo betume. Manter a temperatura do produto o mais baixo possível, dentro dos limites.

9- PROPRIEDADES FÍSICO E QUÍMICAS.

Características:	
Aspecto:	Líquido viscoso à temperatura normal de trabalho.
Estado Físico a 20°C:	Sólido.
Cor:	Preto.
Odor:	NA
pH:	NA
Solubilidade:	Não miscível com água.
Ponto de inflamação:	> 230°C.
Propriedades comburentes:	NA
Densidade a 25°C:	0,95 - 1,05 g/cm

10- ESTABILIDADE E REACTIVIDADE

Estabilidade:	Produto estável.
Condições a evitar:	O aquecimento excessivo, acima das temperaturas máximas recomendadas para o manuseamento e a armazenagem, provoca a degradação do betume e a formação de vapores inflamáveis.
Substâncias a evitar:	Não permitir que o produto quente entre em contacto com água. Evitar o contacto com agentes oxidantes fortes.

11- INFORMAÇÃO TOXIOLÓGICA

Contacto com os olhos:	O contacto com o produto quente provoca queimaduras nos olhos. O contacto directo com pequenas partículas de betume frio pode causar irritação dos olhos. Os vapores de betume quente podem ser ligeiramente irritantes para os olhos.
Contacto com a pele:	O betume é manuseado quente, pelo que as queimaduras constituem o principal perigo. Não se considera sensibilizante da pele, embora os fumos condensados de betume possam ser ligeiramente irritantes.
Ingestão:	A probabilidade de ser acidentalmente ingerido é reduzida devido às altas temperaturas de manuseamento.
Inalação:	Os fumos podem provocar uma ligeira irritação do tracto respiratório superior.
Toxidade para a reprodução:	Produto não classificado como tóxico para a reprodução segundo os critérios da União Europeia.

12- INFORMAÇÃO ECOLÓGICA

Ecotoxicidade:	O produto não é tóxico para o meio ambiente. Não é perigoso para as plantas e o meio aquático.
Mobilidade:	Solo: De acordo com as suas propriedades físicas, o betume não se moverá, mantendo-se na superfície. Água: Insolúvel. A solubilidade em água é desprezável. O betume acumula-se normalmente no fundo, embora possa flutuar em algumas circunstâncias.
Degradabilidade:	Não se espera que o produto seja directamente biodegradável. Em condições normais, o produto persistirá.
Potencial de bioacumulação:	Embora todos os componentes do betume tenham coeficientes de partição octano/água superiores a 6, e por isso tenham potencial de bioacumulação, na prática as suas baixas solubilidades e os seus pesos moleculares são tais que a biodisponibilidade para os organismos aquáticos é muito limitada. Assim, a bioacumulação dos componentes de betumes é muito improvável.
Outros efeitos adversos:	O produto não apresenta riscos significativos para o meio ambiente. Quando derramado no solo ou em água, o betume quente é rapidamente arrefecido e solidificado. O betume não é inerentemente biodegradável.

13- CONSIDERAÇÕES RELATIVAS À ELIMINAÇÃO

Processos de eliminação do produto:	Os resíduos não são considerados perigosos. Recomenda-se a reciclagem dos resíduos. A eliminação de resíduos e recipientes deve ser feita segundo a legislação aplicável em instalações licenciadas para o efeito.
-------------------------------------	--

14 - INFORMAÇÃO RELATIVA AO TRANSPORTE

Indicações de transporte:	Produto quente transportado acima 100°C, e inferior ao de ponto de inflamação.
Número ONU:	3257
ADR:	
Classe:	9
Grupo de embalagem:	III
Etiqueta:	9
Número de perigo:	99
Designação de ADR:	Líquido transportado a quente.
Produto frio:	Não é classificado como perigoso.

15- INFORMAÇÃO SOBRE REGULAMENTAÇÃO

Legislação europeia sobre substâncias perigosas:	Directiva 67/548/CEE de substâncias perigosas (incluindo adaptações em vigor). Directiva 88/379/CEE de preparados perigosos (incluindo adaptações em vigor). Directiva 91/689/CEE de resíduos perigosos. Directiva 91/156/CEE de gestão de resíduos perigosos. EINECS: European Inventory of Existing Commercial Substances		
Etiquetagem:	Simbolos de Perigo NA	Frases R NA	Frases S 26-36/37-45-61

16- OUTRAS INFORMAÇÕES

Frases S:	
S26:	Em caso de contacto com os olhos, lavar imediata e abundantemente com água e consultar um especialista;
S36/37:	Usar vestuário de protecção e luvas adequadas;
S45:	Em caso de acidente ou de indisposição, consultar imediatamente o médico;
S61:	Evitar a libertação para o ambiente. Obter instruções específicas/fichas de segurança.
Frases R:	NA
Símbolos de perigo:	NA
Principais fontes de informação:	Concawe - European organization for environment, health and safety e fontes referidas nos capítulos anteriores.
Legenda:	CAS: Chemical Abstracts Service; NA: Não se aplica.

Este documento contém informação importante para a garantia de segurança na armazenagem, manuseamento e utilização deste produto. Assim deverá ser acessível aos trabalhadores envolvidos e aos responsáveis pela segurança.

As informações apresentadas foram compiladas de fontes fidedignas e são consideradas precisas e actuais à data da presente edição, dizendo apenas respeito a este produto, podendo não ser validas em formulações com outros e pretendem descreve-lo sob o ponto de vista da protecção, segurança para o homem e do ambiente não podendo ser consideradas como sua especificação. A responsabilidade da sua utilização pertence aos utilizadores.

PMB 45/80 - 65

Ficha técnica

Principais Características:

	Norma	Unidade	Mínimo ¹	Máximo ¹
Penetração (25°C, 100g, 5s)	EN 1426	0,1 mm	45	80
Temperatura de Amolecimento	EN 1427	°C	65	-
Força de Ductilidade, 10 °C	EN 13589/EN 13703	J/cm ²	8	-
Ponto de Fragilidade Fraass	EN 12593	°C	-	-10
Viscosidade Dinâmica (135°C)	EN 13302	mm ² /s	850	-
Estabilidade ao Armazenamento, Diferença na Penetração	EN 13399/EN 1426		-	9
Estabilidade ao Armazenamento, Diferença na Temperatura de Amolecimento	EN 13399/EN 1427	0,1 mm °C	-	5
Temperatura de Inflamação	EN ISO 2592	°C	235	-
Recuperação Elástica (25°C)	EN 13398	%	70	-

Após RTFOT

Variação de Massa	EN 12607-1	%	-	0,3
Penetração Retida (25 °C. 100g, 5 s)	EN 1426	%	50	-
Aumento da Temperatura de Amolecimento	EN 1427	°C	-	8

Temperatura de Aplicação (Indicativa)

Temperatura de Mistura [°C]	165-175
Temperatura de Compactação [°C]	155-165

¹ Valores Indicativos.

ANEXO – D

[®]
POLYRAM L 200

NOME QUIMICO: N-alkuil dipolipropileno triamina

ESPECIFICAÇÕES

			MÉTODOS
- Alcalinidade Total	ml HCl (N)/g	: 3,0 – 3,7	CECA 010
- Ponto de escoamento	° C	: 12 máximo	CECA 206

VALORES INDICATIVOS

- Aspecto a 20 ° C		: líquido	CECA 213
- Ponto de solidificação	° C	: 15	CECA 055
- Ponto de inflamação	° C	: superior a 100	CECA 197
- Massa volúmica a 20 ° C	Kg / m ³	: 896	CECA 190
- Viscosidade a 23 ° C (mm ² .s)	cst	: 70	CECA 172

Propriedades

Insolúvel na água o POLYRAM L 200 é perfeitamente solúvel e dispersavel nos betumes modificados ou não aos quais confere excelentes propriedades de adesividade.

APLICAÇÕES

- Indústria de construção de estradas: agente de adesividade com estabilidade térmica elevada para betumes destinados às camadas de desgaste, massas a frio ou massas a quente.

AMOSTRAS

- Standard : 0,1 Kg

EMBALAGENS

- Tambor de 175 Kg
- Contentor 850 Kg

SG 86.182.01 F- 794509

® Marca registada de CECA S A

DIRECÇÃO DE PRODUTOS QUIMICOS

CECA S A - La Défense 2 , Immeuble Iris , 92062 Paris- La Défense Cedex França
Tel.0033 1 4796 9090 Fax: 0033 1 4796 9234

Sociedade Anónima com capital de 54.833.800 F –R.C.S. Nanterre B 775 728 025
Séde social: 4 –8 , cours Michelet – 92800 PUTEUAX

CECA ATO CECA, S.A. La Défense 2, Cedex 54 92062 Paris La Défense France Tel.: (1)47969090 Fax : (1)47969191	FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA Riscos específicos: CORROSIVO C R : 22-35
1. Identificação 1.1. Designação comercial 1.2. Fornecedor: 1.3. Tipos de Utilização 1.4. Outros Dados	POLYRAM L 200 CECA.SA Teléf. :0033147 96 90 90 Departamento Aminas e Derivados Dope de adesividade
2. COMPOSIÇÃO	Substância saída da condensação do ácido fórmico sobre N-Alquil dipropilene triamina de sebo. (brevet CECA AS n° 2 259 824).
3. PROPRIEDADES FÍSICAS 3.1. Estado Físico: 3.2. Temperaturas características 3.3. Solubilidade 3.4. PH 3.5. Pressão de vapor 3.6. Volume 3.7. Outros dados	Líquido a 20°C Fusão : -15°C Solúvel na água. Solúvel nos solventes. - 896 Kg a 20°C viscosidade a 23°C : 70 Cst.
4. ARMAZENAGEM E MANIPULAÇÃO 4.1. Precauções especiais aquando armazenamento e manipulação 4.2. Material de embalagem 4.3. Reacções perigosas com: 4.4. Produtos de decomposição perigosa 4.5. Medidas individuais de prevenção e protecção: 4.6. Medidas especiais de protecção 4.7. Medidas após fuga ou despejo accidental 4.8. Outras recomendações	Armazenar ao ar livre ou em local bem ventilado, instalação eléctrica anti-def e sem fonte de calor viva. Em todos os casos o solo das áreas de armazename impermeável e deverá ter bacia de retenção. Os tambores devem ser herméticamente fechados. Recomendações: aço inoxidável 316L, aço revestido desaconselhados : ligas d de alumínio. Oxidantes poderosos, ácidos fortes e compostos organo-halogénicos. - Usar vestuário de protecção apropriado, luvas e um aparelho de protecção dos cara (S36/37/39). Lava olhos, duches e fontes de água na proximidade. Barrar e absorver sobre suporte inerte. Eliminar, lavar o solo com muita água. Incinerar os resíduos num centro próprio. Evitar o contacto com a pele e os olhos. Não ingerir

5. Inflamação e Explosão 5.1. Ponto inflamação 5.2. Temperatura de auto-inflamação 5.3. Perigos particulares de Incêndio ou Explosão 5.4. Meios de Extinção 5.5. Medidas particulares de protecção na luta contra Incêndio 5.6. Outras recomendações	Ausência de ponto de inflamação até 100°C - Formação possível de óxidos de carbono e de óxidos de azoto. Extintores de espuma, pó, dióxido de carbono. Uso de máscara respiratória autónoma. Em caso de Incêndio na proximidade arrefecer com água de armazenamento.
6. Informações toxicológicas	* Nocivo em caso de ingestão (R22) Provoca graves queimaduras (R35) DL 50 : 2 823 mg/Kg (Estudo IFM nº 3 537 TAR)
7. Medidas de Primeiros Socorros	Retirar imediatamente todos os vestuários sujos ou salpicados e lavar com lavagem especial. Após contacto com a pele, eliminar o excesso de produto, lavar imediatamente com água abundante com ácido acético diluído a 2%, depois com água abundante para formação de espuma, enxaguar abundantemente com água (S28). Em caso de contacto com os olhos, lavar imediatamente e abundantemente com água (S36). Em caso de contacto com a pele, lavar imediatamente e abundantemente com água (S36). Em caso de contacto com a pele, lavar imediatamente e abundantemente com água (S36). Em caso de contacto com a pele, lavar imediatamente e abundantemente com água (S36). Em todos os casos chamar um médico.
8. Protecção do meio ambiente	Biodegradabilidade : nada a assinalar pela legislação em vigor. Tendo em conta as suas propriedades biocidas, não derramar acidentalmente no ambiente ou nas águas. Efectuar descarga controlada ou incineração num centro próprio. Submeter-se às Regulamentações e Portarias em vigor.
9. Indicações Particulares	Proposta "Etiquetagem Trabalho" C 02-22-35 S 26-28 26/27/28

ANEXO – E



O caminho do futuro

Benefícios da utilização do Asphalt+

A fibra *Asphalt+* tem um efeito ligante na mistura betuminosa através da formação de uma rede coesiva tridimensional, que melhora as propriedades mecânicas e durabilidade do pavimento.

A utilização da fibra *Asphalt+* em misturas betuminosas é uma solução tecnológica inovadora para os problemas comuns dos asfaltos standard.

Resistência sem desagregação

As fibras *Asphalt+* vão criar uma estrutura ligante mais coesa que permite:

Elasticidade sem deformação

As fibras *Asphalt+* melhoram as propriedades reológicas do asfalto:

+ Resistência à fissuração

+ Resistência à desintegração

+ Resistência à fadiga

+ Rigidez estrutural mesmo a altas temperaturas

Condições de utilização da fibra *Asphalt+*

A fibra *Asphalt+* foi especialmente desenvolvida para facilitar a sua aplicação .

- ▶ Um acabamento especial permite a dispersão homogénea da fibra na mistura betuminosa.
- ▶ A fibra *Asphalt+* é embalada em sacos de PE (1 – 3 kg) que devem ser adicionados juntamente com os agregados.
- ▶ Dosagem aconselhada (% mássica na mistura betuminosa) :
 - ▶ 0.10 – 0.15% – camada drenante
 - ▶ 0.15 – 0.30% – outras aplicações

Características do *Asphal+*

Tipo de fibra	<i>Asphal+</i> L60 - Fibra de alta tenacidade
Aspecto	Fibra cortada
Cor	Cru
Secção	Feijão ou redonda
Brilho	Brilhante
Densidade (g/cm ³)	1.17
Solvente residual DMAC (%)	<0.3
Finura (dtex)	1.9
Corte (mm)	6, 12 mm
Diâmetro nominal (µm)	14.4
Número de fibras por g	877200 (6mm)
Tenacidade (cN/tex); (g/dtex)	> 60; > 6
Resistência à rotura (N/mm ²); (MPa); (GPa)	>690; >690; >0,69
Alongamento (%)	15-20
Módulo elástico (cN/tex); (MPa); (GPa)	>1030; >12010; >12.01
Resistência ao calor	BOA—permite exposição de curta duração até 220°C
Resistência aos ácidos	BOA
Resistência a bases	BOA
Resistência à hidrólise	BOA
Processo de fabrico	Processo de produção modificado para obtenção de fibra de alta tenacidade e uso de acabamentos especiais que facilitam a dispersão das fibras
Aplicações	Camadas Base de alta resistência Construção SMA Técnicas de camada fina Misturas Betuminosas a frio Camada Drenante Redução do ruído



INF-PROM-P-03; Ago 2006



Your creative partner in acrylic fibres

FISIPE - Fibras Sintéticas de Portugal, S.A.

Apartado 5

2836-908 Lavradio - Portugal

Tel. +351 21 2066000, Fax. +351 21 2066085

Email: marketing@fisipe.pt

ANEXO – F

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121024

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCM
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

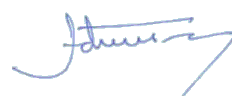
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCM. Provetes 1 a 6.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCM

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCM



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:19:54

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121024

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-09
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	1	2	3	4	5	6
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1054,7	1048,5	1053,7	1044,7	1053,7	1050,6
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	62,6	63,7	65,1	61,7	64,2	64,8
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,5	101,6	101,6	101,5	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121024

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		1	2	3	4	5	6
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	507518,2	515420,2	527786,5	500221,6	519465,8	525354,3
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	2078	2034	1996	2088	2028	2000
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2037					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121027

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%, aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

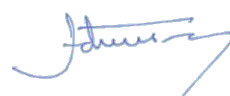
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCMC. Provetes 7 a 12.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:20:45

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121027

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-10
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	7	8	9	10	11	12
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1055,3	1048,5	1050,1	1052,8	1050,9	1048,4
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	65,6	65,1	64,2	64,3	64,8	65,4
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,5	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121027

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		7	8	9	10	11	12
V_c - Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	531840,2	527786,5	519465,8	521300,7	525354,3	530218,7
V_p - Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1984	1987	2021	2020	2000	1977
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1998					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121032

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%, aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCM
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

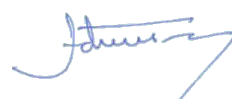
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCM. Provetes 13 a 18.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCM

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCM


Maia, Portugal
Data da Assinatura: 15/06/2012 15:21:37

Adriano Teixeira, Eng^o

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121032

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-10
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	13	14	15	16	17	18
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1053,4	1050,7	1049,0	1051,0	1052,2	1050,8
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	65,2	63,8	64,7	64,5	64,2	65,6
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121032

DATA: 2012-04-10

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		13	14	15	16	17	18
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	528597,2	517247,0	524543,6	522922,1	520489,9	531840,2
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1993	2031	2000	2010	2022	1976
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2005					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121068

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%, aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

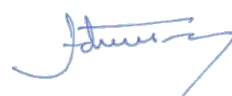
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCMC. Provetes 19 a 24.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:22:49

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121068

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-13
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	19	20	21	22	23	24
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1046,8	1052,1	1050,8	1055,8	1058,2	1055,2
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	65,3	65,7	66,6	66,1	65,6	65,6
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,5	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121068

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		19	20	21	22	23	24
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	529408,0	532650,9	539947,5	534839,4	531840,2	531840,2
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1977	1975	1946	1974	1990	1984
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1974					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121020

DATA: 2012-04-09

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%; fibras 0,2%, aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

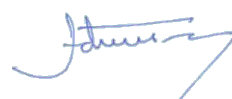
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCMC. Provetes 1 a 6.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC


Maia, Portugal
Data da Assinatura: 15/06/2012 15:23:40

Adriano Teixeira, Eng^o

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121020

DATA: 2012-04-09

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-09
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante com fibras

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	1	2	3	4	5	6
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1053,7	1051,3	1046,6	1057,3	1047,8	1050,2
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	64,4	63,9	64,3	64,4	63,5	63,9
d- Diâmetro (mm)	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121020

DATA: 2012-04-09

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		1	2	3	4	5	6
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	521084,1	517038,4	520275,0	521084,1	513801,9	517038,4
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	2022	2033	2012	2029	2039	2031
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2028					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121074

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%; fibras 0,2%; aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

L GMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

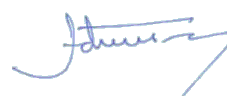
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo L GMC. Provetes 7 a 12.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do L GMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO L GMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:24:28

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121074

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-16
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Derivante c/0,2fibras

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	7	8	9	10	11	12
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1060,3	1053,0	1058,3	1055,7	1054,6	1057,8
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	66,3	65,5	64,6	64,8	65,5	65,7
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,7	101,6	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121074

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		7	8	9	10	11	12
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	537515,3	532075,3	523732,9	525354,3	531029,4	532650,9
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1973	1979	2021	2010	1986	1986
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1993					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121076

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%; fibras 0,2%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCM
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

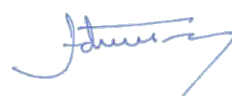
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCM. Provetes 13 a 18

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCM

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCM



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:27:00

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121076

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-16
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante c/0,2fibras

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	13	14	15	16	17	18
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1055,8	1055,1	1060,3	1059,6	1055,8	1058,9
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	65,3	65,1	67,2	65,7	64,9	66,3
d- Diâmetro (mm)	101,5	101,5	101,5	101,6	101,5	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121076

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		13	14	15	16	17	18
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	528366,3	526748,1	543739,9	532650,9	525129,8	537515,3
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1998	2003	1950	1989	2011	1970
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1987					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121077

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%; fibras 0,2%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

L GMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

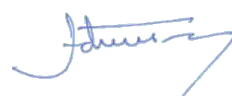
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo L GMC. Provetes 19 a 24.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do L GMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO L GMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:27:52

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121077

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-16
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante c/0.2fibras

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	19	20	21	22	23	24
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1058,2	1055,8	1059,1	1062,0	1060,7	1061,7
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	62,6	64,8	63,1	64,8	64,3	64,9
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,5	101,6	101,5
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121077

DATA: 2012-04-16

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		19	20	21	22	23	24
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	507518,2	525354,3	511571,9	524320,7	521300,7	525129,8
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	2085	2010	2070	2025	2035	2022
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2041					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121021

DATA: 2012-04-09

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidratada 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCM
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

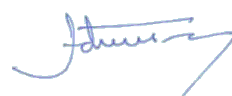
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCM. Provetes 1 a 6.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCM

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCM



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 16:05:37

Adriano Teixeira, Eng^a



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121021

DATA: 2012-04-09

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-09
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Dre. c/cal hidratada

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	1	2	3	4	5	6
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1052,0	1048,8	1056,2	1059,7	1051,9	1050,9
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	64,7	64,0	64,4	63,9	64,4	64,4
d- Diâmetro (mm)	101,5	101,6	101,5	101,5	101,5	101,5
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121021

DATA: 2012-04-09

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		1	2	3	4	5	6
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	523511,5	518868,5	521084,1	517038,4	521084,1	521084,1
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	2010	2021	2027	2050	2019	2017
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2024					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121082

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidratada 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCM
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

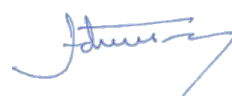
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCM. Provetes 7 a 12.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCM

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCM



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 16:07:18

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121082

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-16
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenant c/cal hidrat

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	7	8	9	10	11	12
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1053,7	1055,5	1057,7	1055,7	1052,4	1065,0
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	65,5	65,2	64,5	64,9	64,4	65,6
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,7	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121082

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		7	8	9	10	11	12
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	531029,4	528597,2	523952,0	526165,0	522111,4	531840,2
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1984	1997	2019	2006	2016	2002
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2004					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121083

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidratada 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCM
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

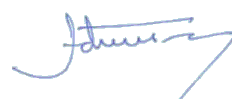
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCM. Provetes 13 a 18.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCM

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCM


Maia, Portugal
Data da Assinatura: 15/06/2012 16:08:19

Adriano Teixeira, Eng^a

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121083

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-16
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenat c/cal hidrat.

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	13	14	15	16	17	18
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1057,0	1049,4	1050,5	1051,4	1058,5	1055,7
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	65,9	64,4	65,9	64,7	64,6	65,1
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121083

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		13	14	15	16	17	18
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	534272,4	522111,4	534272,4	524543,6	523732,9	527786,5
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1978	2010	1966	2004	2021	2000
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1997					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121084

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidratada 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

L GMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

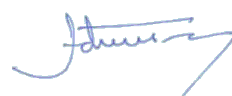
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo L GMC. Provetes 19 a 20.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do L GMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO L GMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 16:08:40

Adriano Teixeira, Eng^a



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121084

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-09
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenant c/cal hidrat

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	19	20	21	22	23	24
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1050,9	1057,9	1050,4	1051,3	1057,6	1055,8
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	64,9	64,2	64,1	63,9	64,9	64,8
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,5
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121084

DATA: 2012-04-17

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		19	20	21	22	23	24
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	526165,0	520489,9	519679,2	518057,7	526165,0	524320,7
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1997	2033	2021	2029	2010	2014
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2017					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121220

DATA: 2012-05-03

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; filler recuperado 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-04-18

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

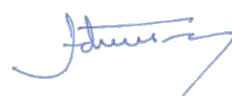
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCMC. Provetes 1 a 6

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:50:36

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121220

DATA: 2012-05-03

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-27
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenant c/fil. recup

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	1	2	3	4	5	6
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1055,2	1058,0	1055,6	1052,0	1057,0	1052,7
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	65,3	64,8	64,4	65,2	64,7	64,7
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121220

DATA: 2012-05-03

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		1	2	3	4	5	6
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	529408,0	525354,3	522111,4	528597,2	524543,6	524543,6
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1993	2014	2022	1990	2015	2007
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	2007					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121221

DATA: 2012-05-03

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; filler recuperado 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-04-18

CLIENTE :

LGM C
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

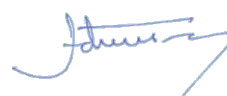
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGM C. Provetes 7 a 12.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGM C

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGM C



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 16:00:55

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121221

DATA: 2012-05-03

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-27
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenant c/fil. recup

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	7	8	9	10	11	12
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1053,2	1051,6	1053,1	1060,0	1051,9	1063,1
m ₂₁ - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m ₂ - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m ₃ - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	64,3	64,4	65,5	67,0	65,3	66,9
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121221

DATA: 2012-05-03

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		7	8	9	10	11	12
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	521300,7	522111,4	531029,4	543190,4	529408,0	542379,7
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	2020	2014	1983	1951	1987	1960
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1986					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121227

DATA: 2012-05-04

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; filler recuperado 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-04-18

CLIENTE :

L GMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

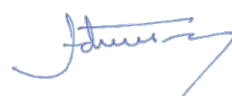
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo L GMC. Provetes 13 a 18.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do L GMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO L GMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 16:02:30

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121227

DATA: 2012-05-04

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-05-04
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante c/fil recup

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	13	14	15	16	17	18
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1057,0	1058,2	1050,9	1057,4	1059,3	1053,9
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	66,6	66,5	65,1	65,3	66,3	66,2
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121227

DATA: 2012-05-04

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		13	14	15	16	17	18
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	539947,5	539136,8	527786,5	529408,0	537515,3	536704,6
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1958	1963	1991	1997	1971	1964
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1974					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121228

DATA: 2012-05-04

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; filler recuperado 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-04-18

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

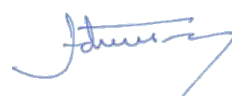
Mistura betuminosa produzida e provetes moldados pelo LGMCMC. Provetes 19 a 24.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 16:04:55

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121228

DATA: 2012-05-04

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-04-27
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenant c/fil recup

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	19	20	21	22	23	24
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1052,9	1051,9	1051,2	1058,9	1059,1	1050,3
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	64,6	65,6	64,5	65,7	66,3	65,3
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6	101,6
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121228

DATA: 2012-05-04

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		19	20	21	22	23	24
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	523732,9	531840,2	522922,1	532650,9	537515,3	529408,0
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	2010	1978	2010	1988	1970	1984
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1990					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121622

DATA: 2012-06-27

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Drenante, Data de recolha a 22/06/2012

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-06-22

CLIENTE :

LGMCM
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

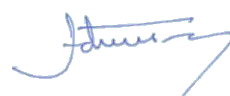
Provetes moldados pela BRISA com 50 pancadas por face.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCM

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCM



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 03/07/2012 17:19:28

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121622

DATA: 2012-06-27

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-06-27
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	9	10	11	12	---	---
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	---	---
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	---	---
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	1038,9	1042,3	1045,2	1043,0	---	---
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	67,4	67,3	68,6	67,5	---	---
d- Diâmetro (mm)	101,8	101,7	101,7	101,8	---	---
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121622

DATA: 2012-06-27

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		9	10	11	12	---	---
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	548586,8	546697,2	557257,5	549400,7	---	---
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1894	1907	1876	1898	---	---
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1894					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121598

DATA: 2012-06-25

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Drenante, Data de recolha a 22/06/2012

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-06-22

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

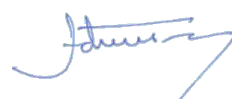
Provetes moldados com 20 pancadas por face.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC


Maia, Portugal
Data da Assinatura: 02/07/2012 10:15:20

Adriano Teixeira, Eng^a

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121598

DATA: 2012-06-25

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-06-25
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	1	2	3	4	---	---
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	---	---
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	---	---
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	965,8	968,9	973,3	973,9	---	---
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	64,1	64,3	64,7	64,6	---	---
d- Diâmetro (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	---	---
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121598

DATA: 2012-06-25

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		1	2	3	4	---	---
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	519679,2	521300,7	524543,6	523732,9	---	---
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1858	1859	1856	1860	---	---
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1858					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121605

DATA: 2012-06-26

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Drenante, Data de recolha a 22/06/2012.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-06-22

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

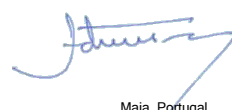
Provetes moldados com 10 pancadas por face.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC


Maia, Portugal

Data da Assinatura: 02/07/2012 10:14:22

Adriano Teixeira, Eng^o

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121605

DATA: 2012-06-26

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-06-26
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	5	6	7	8	---	---
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	---	---
Preparação	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado	---	---
Rectificação	---	---	---	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	924,2	911,8	936,2	933,5	---	---
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	64,8	63,7	64,6	65,0	---	---
d- Diâmetro (mm)	101,5	101,5	101,5	101,4	---	---
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121605

DATA: 2012-06-26

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m ³)	---	---	---	---	---
ρ_{bdry-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m ³)	---				

E2. Método B

Referência dos provetes	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m ³)	---	---	---	---	---
ρ_{bssd-} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m ³)	---				

E3. Método D

Referência dos provetes		5	6	7	8	---	---
V_c- Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm ³)	524320,7	515420,2	522702,4	524903,1	---	---
V_p- Volume do prisma $= h * l * w$	(mm ³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m ³)	1763	1769	1791	1778	---	---
$\rho_{b,dim,c-}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m ³)	1775					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m ³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b,dim,p-}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m ³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121660

DATA: 2012-06-29

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Carotes de drenante, recolhidos no alargamento do Sub lanço Maia-santo Tirso A3.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-06-22

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

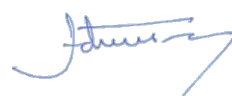
OBSERVAÇÕES:

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 03/07/2012 17:22:16

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121660

DATA: 2012-06-29

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-06-29
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	1.1	1.2	1.3	2.1	2.1	2.3
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro	Cilindro
Preparação	Carotado	Carotado	Carotado	Carotado	Carotado	Carotado
Rectificação	Serrado	Serrado	Serrado	Serrado	Serrado	Serrado
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m ₁ - Massa do provete seco (g)	540,5	530,5	543,2	553,5	539,4	462,2
m _{2i} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m _{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m _{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	35,9	35,0	36,7	37,4	35,9	31,4
d- Diâmetro (mm)	100,0	100,3	100,1	100,2	100,3	100,3
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121660

DATA: 2012-06-29

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		1.1	1.2	1.3	2.1	2.1	2.3
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	281957,9	276541,2	288817,9	294915,0	283652,2	248096,9
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1917	1918	1881	1877	1902	1863
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1893					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121661

DATA: 2012-06-29

PÁGINA: 1/3

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade de Provetes Betuminosos
Norma Portuguesa NPEN 12697/2003:Parte 6 + A1:2010

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Carotes de drenante, recolhidos no alargamento do Sub lanço Maia-santo Tirso A3.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-06-22

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

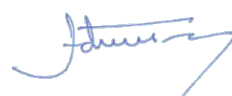
OBSERVAÇÕES:

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 03/07/2012 17:20:55

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121661

DATA: 2012-06-29

PÁGINA: 2/3

A . Características gerais

Data de ensaio	2012-06-29
Método de ensaio utilizado	Método D
Referência da mistura betuminosa	Drenante

B . Condições de ensaio: Método A, B e D

Referência dos provetes	3.1	3.2	3.3	---	---	---
Forma	Cilindro	Cilindro	Cilindro	---	---	---
Preparação	Carotado	Carotado	Carotado	---	---	---
Rectificação	Serrado	Serrado	Serrado	---	---	---
T - Temperatura da água no momento da pesagem (°C)	---	---	---	---	---	---
ρ_w - Massa volúmica da água à temperatura T (kg/m³)	---	---	---	---	---	---

C . Massa dos provetes

m_1 - Massa do provete seco (g)	577,2	548,3	542,0	---	---	---
m_{2f} - Massa do provete imerso em água imediatamente após a água ter estabilizado (g)	---	---	---	---	---	---
m_{2s} - Massa do provete em água após saturação do provete (g)	---	---	---	---	---	---
m_{3s} - Massa do provete saturado com a superfície seca (g)	---	---	---	---	---	---

D . Dimensões dos provetes

h- Altura (mm)	38,2	36,4	35,6	---	---	---
d- Diâmetro (mm)	100,1	100,2	100,2	---	---	---
l- Comprimento (mm)	---	---	---	---	---	---
w- Largura (mm)	---	---	---	---	---	---

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 2012131520121661

DATA: 2012-06-29

PÁGINA: 3/3

E . Baridades

E1. Método A

Referência dos provetes	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_1 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bdry} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E2. Método B

Referência dos provetes	(%)	---	---	---	---	---	---
Absorção de água dos provetes $= ((m_3 - m_1) / m_1) * 100$	(%)	---	---	---	---	---	---
Baridade dos provetes $= (m_1 / (m_3 - m_2)) * \rho_w$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
ρ_{bssd} Baridade da mistura = valor médio	(kg/m³)	---					

E3. Método D

Referência dos provetes		3.1	3.2	3.3	---	---	---
V_c Volume do cilindro $= (\pi/4) * h * d^2$	(mm³)	300622,4	287029,6	280721,3	---	---	---
V_p Volume do prisma $= h * l * w$	(mm³)	---	---	---	---	---	---
Baridade geométrica do cilindro $= (m_1 / V_c) * 10^6$	(kg/m³)	1920	1910	1931	---	---	---
$\rho_{b, dim, c}$ Baridade geométrica do cilindro = valor médio	(kg/m³)	1920					
Baridade geométrica do prisma $= (m_1 / V_p) * 10^6$	(kg/m³)	---	---	---	---	---	---
$\rho_{b, dim, p}$ Baridade geométrica do prisma = valor médio	(kg/m³)	---					

ANEXO – G

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121214

DATA: 2012-05-02

PÁGINA: 1/2

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade Máxima Teórica
Norma Europeia EN 12697/2002:Parte 5 + A1:2007

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

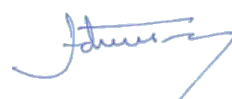
Mistura betuminosa produzida pelo LGMCMC. O provete de ensaio foi obtido por desagregação dos provetes nºs 1,3 e 8.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC


Maia, Portugal
Data da Assinatura: 15/06/2012 15:15:47

Adriano Teixeira, Eng^o

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270820121214

DATA: 2012-05-02

PÁGINA: 2/2

A. Procedimento A

Data de ensaio		2012-05-02
m ₁ - Massa do picnómetro vazio	(g)	3044,5
T - Temperatura de ensaio	(°C)	25
Líquido utilizado		Água
V _p - Volume do picnómetro à temperatura T	(m³)	0,0044123
m ₂ - Massa do picnómetro e mistura betuminosa	(g)	6130,6
m ₃ - Massa do picnómetro, mistura betuminosa e líquido	(g)	9289
ρ _w - Massa volúmica do líquido à temperatura T	(kg/m³)	997,1
ρ _{mv} - Baridade máxima teórica = (m ₂ - m ₁) / ((1000 * V _p) - (m ₃ - m ₂) / ρ _w)	(kg/m³)	2479

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121215

DATA: 2012-05-02

PÁGINA: 1/2

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade Máxima Teórica
Norma Europeia EN 12697/2002:Parte 5 + A1:2007

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidráulica 4%; betume 4,3%; fibras 0,2%; aditivo polyram L200 0,2%.

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

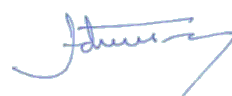
Mistura betuminosa produzida pelo LGMCMC. O provete de ensaio foi obtido por desagregação dos provetes nºs 3, 5 e 14.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:17:01

Adriano Teixeira, Eng^a



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201270920121215

DATA: 2012-05-02

PÁGINA: 2/2

A. Procedimento A

Data de ensaio		2012-05-02
m ₁ - Massa do picnómetro vazio	(g)	3044,5
T - Temperatura de ensaio	(°C)	25
Líquido utilizado		Água
V _p - Volume do picnómetro à temperatura T	(m³)	0,0044123
m ₂ - Massa do picnómetro e mistura betuminosa	(g)	6047,2
m ₃ - Massa do picnómetro, mistura betuminosa e líquido	(g)	9238
ρ _w - Massa volúmica do líquido à temperatura T	(kg/m³)	997,1
ρ _{mv} - Baridade máxima teórica = (m ₂ - m ₁) / ((1000 * V _p) - (m ₃ - m ₂) / ρ _w)	(kg/m³)	2477

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121216

DATA: 2012-05-02

PÁGINA: 1/2

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade Máxima Teórica
Norma Europeia EN 12697/2002:Parte 5 + A1:2007

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; cal hidratada 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-03-16

CLIENTE :

LGMCMC
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

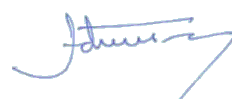
Mistura betuminosa produzida pelo LGMCMC. O provete de ensaio foi obtido por desagregação dos provetes nºs 1, 12 e 23.

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGMCMC

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGMCMC


Maia, Portugal
Data da Assinatura: 15/06/2012 15:17:41

Adriano Teixeira, Eng^a

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201271020121216

DATA: 2012-05-02

PÁGINA: 2/2

A. Procedimento A

Data de ensaio		2012-05-02
m ₁ - Massa do picnómetro vazio	(g)	3044,5
T - Temperatura de ensaio	(°C)	25
Líquido utilizado		Água
V _p - Volume do picnómetro à temperatura T	(m³)	0,0044123
m ₂ - Massa do picnómetro e mistura betuminosa	(g)	6195,7
m ₃ - Massa do picnómetro, mistura betuminosa e líquido	(g)	9315
ρ _w - Massa volúmica do líquido à temperatura T	(kg/m³)	997,1
ρ _{mv} - Baridade máxima teórica = $(m_2 - m_1) / ((1000 \cdot V_p) - (m_3 - m_2) / \rho_w)$	(kg/m³)	2454

RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121277

DATA: 2012-05-15

PÁGINA: 1/2

ENSAIO REALIZADO:

Determinação da Baridade Máxima Teórica
Norma Europeia EN 12697/2002:Parte 5 + A1:2007

REFERÊNCIA DA AMOSTRA:

Mistura betuminosa drenante: Agregado 8/14 drenante 52,2%; Agregado 4/8 drenante 23,4%; Pó 0/4 16,1%; filler recuperado 4%; betume 4,3%; aditivo polyram L200 0,2%

DATA DE RECEPÇÃO DA AMOSTRA :

2012-04-18

CLIENTE :

LGM C
LUGAR DA ESPINHOSA
4470 AVIOSO (SAO PEDRO)

OBRA :

Anexos 3 e 5

OBSERVAÇÕES:

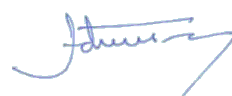
Mistura betuminosa produzida pelo LGM C. O provete de ensaio foi obtido por desagregação dos provetes nºs 11,15 e 16

O presente relatório diz respeito exclusivamente aos itens ensaiados e só pode ser reproduzido na íntegra, excepto quando haja autorização expressa do LGM C

RESPONSÁVEL PELO SECTOR

Joana Santos, Eng^a

O DIRECTOR TÉCNICO DO LGM C



Maia, Portugal

Data da Assinatura: 15/06/2012 15:18:34

Adriano Teixeira, Eng^o



RELATÓRIO DE ENSAIO

DOCUMENTO Nº: 201296620121277

DATA: 2012-05-15

PÁGINA: 2/2

A. Procedimento A

Data de ensaio		2012-05-11
m ₁ - Massa do picnómetro vazio	(g)	3044,5
T - Temperatura de ensaio	(°C)	25
Líquido utilizado		Água
V _p - Volume do picnómetro à temperatura T	(m³)	0,0044123
m ₂ - Massa do picnómetro e mistura betuminosa	(g)	6185,2
m ₃ - Massa do picnómetro, mistura betuminosa e líquido	(g)	9317
ρ _w - Massa volúmica do líquido à temperatura T	(kg/m³)	997,1
ρ _{mv} - Baridade máxima teórica = $(m_2 - m_1) / ((1000 \cdot V_p) - (m_3 - m_2) / \rho_w)$	(kg/m³)	2470

ANEXO – H

Designação	PA 12, 5 - D com Fíler Recuperado							
Provete	2	3	8	20	5	6	7	19
Porosidade %	18,5	18,1	18,5	19,9	18,4	18,7	18,2	18,6
Porosidade média %	18,6							
Índice de Vazios %	22,6	22,2	22,6	24,8	22,6	23,1	22,3	22,9
Índice de Vazios médio %	22,9							
Betume %	4,3							
Densidade do betume kg/m ³	1050							
Baridade kg/m ³	2014	2022	2014	1979	2015	2007	2020	2010
VMA %	26,7	26,4	26,7	28,0	26,7	27,0	26,5	26,9
VMA médio %	26,9							
VFB %	30,9	31,3	30,9	29,0	30,9	30,5	31,2	30,7
VFB médio %	30,7							

Designação	PA 12, 5 - Ect - 50 pancadas por face			
Provete	9	10	11	12
Porosidade %	24,5	24,0	21,2	24,3
Porosidade média %	23,5			
Índice de Vazios %	32,4	31,5	26,9	32,1
Índice de Vazios médio %	30,8			
Betume %	4,2			
Densidade do betume kg/m ³	1050			
Baridade kg/m ³	1894	1907	1976	1898
VMA %	32,1	31,6	29,1	31,9
VMA médio %	31,2			
VFB %	23,6	24,1	27,1	23,8
VFB médio %	24,6			

Designação	PA 12, 5 - Fct - 20 pancadas por face			
Provete	1	2	3	4
Porosidade %	25,9	25,9	26,0	25,8
Porosidade média %	25,5			
Índice de Vazios %	35,0	34,9	35,1	34,8
Índice de Vazios médio %	34,2			
Betume %	4,2			
Densidade do betume kg/m ³	1050			
Baridade kg/m ³	1858	1859	1856	1860
VMA %	33,3	33,3	33,4	33,3
VMA médio %	33,0			
VFB %	22,3	22,3	22,2	22,4
VFB médio %	22,7			

Designação	PA 12, 5 - Gct - 10 pancadas por face			
Provete	5	6	5	8
Porosidade %	29,7	29,5	28,6	29,1
Porosidade média %	27,4			
Índice de Vazios %	42,3	41,8	40,0	41,1
Índice de Vazios médio %	37,8			
Betume %	4,2			
Densidade do betume kg/m ³	1050			
Baridade kg/m ³	1763	1769	1791	1778
VMA %	36,8	36,5	35,8	36,2
VMA médio %	34,6			
VFB %	19,2	19,4	20,0	19,6
VFB médio %	21,2			

Designação	PA 12, 5 - I - PK 17+890		
Provete	1.1	1.2	1.3
Porosidade %	23,6	23,5	25,0
Porosidade média %	24,0		
Índice de Vazios %	30,8	30,8	33,3
Índice de Vazios médio %	31,6		
Betume %	4,2		
Densidade do betume kg/m ³	1050		
Baridade kg/m ³	1917	1918	1881
VMA %	31,2	31,2	32,5
VMA médio %	31,7		
VFB %	24,6	24,6	23,1
VFB médio %	24,1		

Designação	PA 12, 5 - II - PK 17+875		
Provete	2.1	2.2	2.3
Porosidade %	25,2	24,2	25,7
Porosidade média %	25,0		
Índice de Vazios %	33,6	31,9	34,6
Índice de Vazios médio %	33,4		
Betume %	4,2		
Densidade do betume kg/m ³	1050		
Baridade kg/m ³	1877	1902	1863
VMA %	32,7	31,8	33,2
VMA médio %	32,5		
VFB %	23,0	23,9	22,5
VFB médio %	23,1		

Designação	PA 12, 5 - III - PK 17+862		
Provete	3.1	3.2	3.3
Porosidade %	23,4	23,8	23,0
Porosidade média %	23,4		
Índice de Vazios %	30,6	31,3	29,9
Índice de Vazios médio %	30,6		
Betume %	4,2		
Densidade do betume kg/m ³	1050		
Baridade kg/m ³	1920	1910	1931
VMA %	31,1	31,5	30,7
VMA médio %	31,1		
VFB %	24,7	24,3	25,1
VFB médio %	24,7		

ANEXO – I

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - A com Cal Hidraulica
Método de fabrico da mistura betuminosa	Manual - fabricado em laboratório

Características dos provetes

Numero do Provede	2	5	6	9
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	50	50	50	50
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede (m)	0,0637	0,0642	0,0648	0,0642
<i>D</i> - Diâmetro do provede (m)	0,1015	0,1015	0,1016	0,1015

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio	24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012
Temperatura de ensaio (°C)	25	25	25	25
<i>m</i> ₁ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₂ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₁) (g)	2871,0	2584,3	3503,3	3074,9
<i>t</i> ₁ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
<i>h</i> - Altura da coluna de água (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>Q_v</i> - Caudal vertical $[(m_2 - m_1)/t_1] \cdot 10^{-6}$ (m³/s)	3,96E-05	3,48E-05	5,01E-05	4,29E-05
<i>K_v</i> - Permeabilidade vertical $(4 \cdot Q_v \cdot l) / (h \cdot \pi \cdot D^2)$ (m/s)	1,03E-03	9,17E-04	1,33E-03	1,13E-03
<i>K_v média - Permeabilidade Vertical Média</i> (m/s)	1,1E-03			

Características dos provetes

Numero do Provede	10	11	16	19
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	50	50	50	50
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede (m)	0,0643	0,0648	0,0645	0,0653
<i>D</i> - Diâmetro do provede (m)	0,1016	0,1016	0,1016	0,1016

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio	29-05-2012	29-05-2012	29-05-2012	29-05-2012
Temperatura de ensaio (°C)	25	25	25	25
<i>H</i> - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior (m)	0,211	0,211	0,211	0,211
<i>P</i> - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede (m)	0,090	0,090	0,090	0,090
<i>H+P</i> - Altura da coluna de água = 300 +/- 1 (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>m</i> ₃ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₄ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₂) (g)	5818,9	5812,3	5784,2	6808,6
<i>t</i> ₂ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
Altura da coluna de água (<i>H+P+1/2 I</i>) (m)	0,333	0,333	0,333	0,334
Área vertical do provede (<i>D*I*π</i>) (m²)	0,0205	0,0207	0,0206	0,0208
<i>Q_h</i> - Caudal horizontal $[(m_4 - m_3)/t_2] \cdot 10^{-6}$ (m³/s)	8,87E-05	8,86E-05	8,81E-05	1,05E-04
<i>K_h</i> - Permeabilidade horizontal $(Q_h \cdot l) / [(H+P+0,5 I) \cdot (D \cdot l \cdot n)]$ (m/s)	8,34E-04	8,32E-04	8,28E-04	9,88E-04
<i>K_h média - Permeabilidade horizontal média</i> (m/s)	8,7E-04			

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 -B com Cal Hidraulica e 0,2% de Fibras
Método de fabrico da mistura betuminosa	Manual - fabricado em laboratório

Características dos provetes

Numero do Provede		9	10	17	23
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		50	50	50	50
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede	(m)	0,0646	0,0648	0,0649	0,0643
D - Diâmetro do provede	(m)	0,1016	0,1016	0,1015	0,1016

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio		28-05-2012	28-05-2012	28-05-2012	28-05-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	25	25	25	25
m₁ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0	498,0
m₂ - Massa do contentor com água após tempo (t _i)	(g)	3753,2	2954,3	3875,2	2101,3
t₁ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60	60
h - Altura da coluna de água	(m)	0,301	0,301	0,301	0,301
Q_v - Caudal vertical $[(m_2 - m_1)/t_1] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	5,43E-05	4,09E-05	5,63E-05	2,67E-05
K_v - Permeabilidade vertical $(4 \cdot Q_v \cdot l) / (h \cdot \pi \cdot D^2)$	(m/s)	1,44E-03	1,09E-03	1,50E-03	7,04E-04
K_v média - Permeabilidade Vertical Média	(m/s)	1,2E-03			

Características dos provetes

Numero do Provede		1	4	6	8
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		50	50	50	50
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede	(m)	0,0644	0,0644	0,0639	0,0655
D - Diâmetro do provede	(m)	0,1015	0,1015	0,1015	0,1017

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio		24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	25	25	25	25
H - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior	(m)	0,211	0,211	0,211	0,211
P - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede	(m)	0,090	0,090	0,090	0,090
H+P - Altura da coluna de água = 300 +/- 1	(m)	0,301	0,301	0,301	0,301
m₃ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0	498,0
m₄ - Massa do contentor com água após tempo (t ₂)	(g)	7393,2	4904,5	6107,4	6899,3
t₂ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60	60
Altura da coluna de água (H+P+½ I)	(m)	0,333	0,333	0,333	0,334
Área vertical do provede (D*π)	(m²)	0,0205	0,0205	0,0204	0,0209
Q_h - Caudal horizontal $[(m_4 - m_3)/t_2] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	1,15E-04	7,34E-05	9,35E-05	1,07E-04
K_h - Permeabilidade horizontal $(Q_h \cdot l) / [(H+P+0,5 I) \cdot (D \cdot \pi)]$	(m/s)	1,08E-03	6,91E-04	8,81E-04	1,00E-03
K_h média - Permeabilidade horizontal média	(m/s)	9,1E-04			

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - C com Cal Hidratada
Método de fabrico da mistura betuminosa	Manual - fabricado em laboratório

Características dos provetes

Numero do Provede	4	8	11	20
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	50	50	50	50
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede (m)	0,0639	0,0652	0,0644	0,0642
<i>D</i> - Diâmetro do provede (m)	0,1015	0,1016	0,1016	0,1016

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio	24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012
Temperatura de ensaio (°C)	25	25	25	25
<i>m</i> ₁ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₂ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₁) (g)	2140,8	2980,4	2836,4	1666,5
<i>t</i> ₁ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
<i>h</i> - Altura da coluna de água (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>Q_v</i> - Caudal vertical $[(m_2 - m_1)/t_1] \cdot 10^{-6}$ (m³/s)	2,74E-05	4,14E-05	3,90E-05	1,95E-05
<i>K_v</i> - Permeabilidade vertical $(4 \cdot Q_v \cdot l) / (h \cdot \pi \cdot D^2)$ (m/s)	7,18E-04	1,11E-03	1,03E-03	5,12E-04
<i>K_v média - Permeabilidade Vertical Média</i> (m/s)	8,4E-04			

Características dos provetes

Numero do Provede	2	3	5	6
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	50	50	50	50
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede (m)	0,0640	0,0644	0,0644	0,0644
<i>D</i> - Diâmetro do provede (m)	0,1016	0,1015	0,1015	0,1015

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio	24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012	24-05-2012
Temperatura de ensaio (°C)	25	25	25	25
<i>H</i> - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior (m)	0,211	0,211	0,211	0,211
<i>P</i> - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede (m)	0,090	0,090	0,090	0,090
<i>H+P</i> - Altura da coluna de água = 300 +/- 1 (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>m</i> ₃ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₄ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₂) (g)	5998,9	6219,9	5975,4	6244,6
<i>t</i> ₂ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
Altura da coluna de água (<i>H+P+1/2 I</i>) (m)	0,333	0,333	0,333	0,333
Área vertical do provede (<i>D*I*π</i>) (m²)	0,0204	0,0205	0,0205	0,0205
<i>Q_h</i> - Caudal horizontal $- [(m_4 - m_3)/t_2] \cdot 10^{-6}$ (m³/s)	9,17E-05	9,54E-05	9,13E-05	9,58E-05
<i>K_h</i> - Permeabilidade horizontal $- (Q_h \cdot l) / [(H+P+0,5 I) \cdot (D \cdot \pi)]$ (m/s)	8,63E-04	8,98E-04	8,59E-04	9,01E-04
<i>K_h média - Permeabilidade horizontal média</i> (m/s)	8,8E-04			

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - D com Fíler Recuperado
Método de fabrico da mistura betuminosa	Manual - fabricado em laboratório

Características dos provetes

Numero do Provede		2	3	8	20
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		50	50	50	50
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede	(m)	0,0648	0,0644	0,0644	0,0656
D - Diâmetro do provede	(m)	0,1016	0,1016	0,1016	0,1016

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio		29-05-2012	29-05-2012	29-05-2012	29-05-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	25	25	25	25
m₁ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0	498,0
m₂ - Massa do contentor com água após tempo (t ₁)	(g)	2458,3	2315,8	2405,1	2398,9
t₁ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60	60
h - Altura da coluna de água	(m)	0,301	0,301	0,301	0,301
Q_v - Caudal vertical $[(m_2 - m_1)/t_1] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	3,27E-05	3,03E-05	3,18E-05	3,17E-05
K_v - Permeabilidade vertical $(4 \cdot Q_v \cdot I) / (h \cdot \pi \cdot D^2)$	(m/s)	8,68E-04	8,00E-04	8,39E-04	8,52E-04
K_v média - Permeabilidade Vertical Média	(m/s)	8,4E-04			

Características dos provetes

Numero do Provede		5	6	7	19
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		50	50	50	50
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede	(m)	0,0647	0,0647	0,0643	0,0646
D - Diâmetro do provede	(m)	0,1016	0,1016	0,1016	0,1016

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio		29-05-2012	29-05-2012	29-05-2012	29-05-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	25	25	25	25
H - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior	(m)	0,211	0,211	0,211	0,211
P - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede	(m)	0,090	0,090	0,090	0,090
H+P - Altura da coluna de água = 300 +/- 1	(m)	0,301	0,301	0,301	0,301
m₃ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0	498,0
m₄ - Massa do contentor com água após tempo (t ₂)	(g)	5690,3	5440,3	5610,4	5025,3
t₂ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60	60
Altura da coluna de água (H+P+½ I)	(m)	0,333	0,333	0,333	0,333
Área vertical do provede (D*I*π)	(m²)	0,0207	0,0207	0,0205	0,0206
Q_h - Caudal horizontal $[(m_4 - m_3)/t_2] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	8,65E-05	8,24E-05	8,52E-05	7,55E-05
K_h - Permeabilidade horizontal $(Q_h \cdot I) / [(H+P+0,5 I) \cdot (D \cdot I \cdot \pi)]$	(m/s)	8,13E-04	7,74E-04	8,01E-04	7,09E-04
K_h média - Permeabilidade horizontal média	(m/s)	7,7E-04			

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - Gct - 10 pancadas por face
Método de fabrico da mistura betuminosa	Manual - fabricado em laboratório

Características dos provetes

Numero do Provede	5	6	7	8
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	10	10	10	10
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede (m)	0,0648	0,0637	0,0646	0,0650
D - Diâmetro do provede (m)	0,1015	0,1015	0,1015	0,1014

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio	26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012
Temperatura de ensaio (°C)	24,6	24,6	24,6	24,6
m₁ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
m₂ - Massa do contentor com água após tempo (t ₁) (g)	15946,2	16679,4	16582,6	15848,4
t₁ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
h - Altura da coluna de água (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
Q_v - Caudal vertical [(m ₂ -m ₁)/t ₁]*10 ⁻⁶ (m³/s)	2,57E-04	2,70E-04	2,68E-04	2,56E-04
K_v - Permeabilidade vertical (4*Q _v *I)/(h*π*D²) (m/s)	6,85E-03	7,05E-03	7,11E-03	6,84E-03
K_v média - Permeabilidade Vertical Média (m/s)	7,0E-03			

Características dos provetes

Numero do Provede	5	6	7	8
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	50	50	50	50
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede (m)	0,0648	0,0637	0,0646	0,0650
D - Diâmetro do provede (m)	0,1015	0,1015	0,1015	0,1014

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio	26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012
Temperatura de ensaio (°C)	24,6	24,6	24,6	24,6
H - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior (m)	0,211	0,211	0,211	0,211
P - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede (m)	0,090	0,090	0,090	0,090
H+P - Altura da coluna de água = 300 +/- 1 (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
m₃ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
m₄ - Massa do contentor com água após tempo (t ₂) (g)	24390,8	24660,6	22647,2	23466,6
t₂ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
Altura da coluna de água (H+P+½ I) (m)	0,333	0,333	0,333	0,334
Área vertical do provede (D*I*π) (m²)	0,0207	0,0203	0,0206	0,0207
Q_h - Caudal horizontal - [(m ₄ -m ₃)/t ₂]*10 ⁻⁶ (m³/s)	3,98E-04	4,03E-04	3,69E-04	3,83E-04
K_h - Permeabilidade horizontal - (Q _h *I)/[(H+P+0,5 I)*(D*I*π)] (m/s)	3,75E-03	3,79E-03	3,47E-03	3,60E-03
K_h média - Permeabilidade horizontal média (m/s)	3,7E-03			

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5-Fct - 20 pancadas por face
Método de fabrico da mistura betuminosa	Manual - fabricado em laboratório

Características dos provetes

Numero do Provede		1	2	3	4
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		20	20	20	20
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede	(m)	0,0641	0,0643	0,0647	0,0646
<i>D</i> - Diâmetro do provede	(m)	0,1016	0,1016	0,1016	0,1016

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio		26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	24,6	24,6	24,6	24,6
<i>m</i> ₁ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₂ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₁)	(g)	7309,4	9787,1	8432,1	9879,5
<i>t</i> ₁ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60	60
<i>h</i> - Altura da coluna de água	(m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>Q_v</i> - Caudal vertical $[(m_2 - m_1)/t_1] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	1,14E-04	1,55E-04	1,32E-04	1,56E-04
<i>K_v</i> - Permeabilidade vertical $(4 \cdot Q_v \cdot I)/(h \cdot \pi \cdot D^2)$	(m/s)	2,98E-03	4,08E-03	3,51E-03	4,14E-03
<i>K_v média - Permeabilidade Vertical Média</i>	(m/s)	3,7E-03			

Características dos provetes

Numero do Provede		1	2	3	4
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		20	20	20	20
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede	(m)	0,0641	0,0643	0,0647	0,0646
<i>D</i> - Diâmetro do provede	(m)	0,1016	0,1016	0,1016	0,1016

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio		26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012	26-06-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	24,6	24,6	24,6	24,6
<i>H</i> - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior	(m)	0,211	0,211	0,211	0,211
<i>P</i> - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede	(m)	0,090	0,090	0,090	0,090
<i>H+P</i> - Altura da coluna de água = 300 +/- 1	(m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>m</i> ₃ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₄ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₂)	(g)	16915,4	17701,0	16341,8	16594,2
<i>t</i> ₂ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60	60
Altura da coluna de água (<i>H+P+1/2 I</i>)	(m)	0,333	0,333	0,333	0,333
Área vertical do provede (<i>D*I*π</i>)	(m²)	0,0205	0,0205	0,0207	0,0206
<i>Q_h</i> - Caudal horizontal $[(m_4 - m_3)/t_2] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	2,74E-04	2,87E-04	2,64E-04	2,68E-04
<i>K_h</i> - Permeabilidade horizontal $(Q_h \cdot I)/[(H+P+0,5 I) \cdot (D \cdot I \cdot \pi)]$	(m/s)	2,57E-03	2,70E-03	2,48E-03	2,52E-03
<i>K_h média - Permeabilidade horizontal média</i>	(m/s)	2,6E-03			

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - Ect - 50 pancadas por face
Método de fabrico da mistura betuminosa	Manual - fabricado em laboratório

Características dos provetes

Numero do Provede	9	10	11	12
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	50	50	50	50
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede (m)	0,0674	0,0673	0,0686	0,0675
<i>D</i> - Diâmetro do provede (m)	0,1018	0,1017	0,1017	0,1018

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio	27-06-2012	27-06-2012	27-06-2012	27-06-2012
Temperatura de ensaio (°C)	24	24	24	24
<i>m</i> ₁ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₂ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₁) (g)	7102,3	7423,2	7983,2	7021,3
<i>t</i> ₁ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
<i>h</i> - Altura da coluna de água (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>Q_v</i> - Caudal vertical [(<i>m</i> ₂ - <i>m</i> ₁)/ <i>t</i> ₁]*10 ⁻⁶ (m ³ /s)	1,10E-04	1,15E-04	1,25E-04	1,09E-04
<i>K_v</i> - Permeabilidade vertical (4* <i>Q_v</i> * <i>I</i>)/(<i>h</i> *π* <i>D</i> ²) (m/s)	3,03E-03	3,18E-03	3,50E-03	3,00E-03
<i>K_v</i> média - Permeabilidade Vertical Média (m/s)	3,2E-03			

Características dos provetes

Numero do Provede	9	10	11	12
Método usado na compactação	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º	50	50	50	50
Tipo de Provede	Moldado	Moldado	Moldado	Moldado
<i>I</i> - Espessura do provede (m)	0,0674	0,0673	0,0686	0,0675
<i>D</i> - Diâmetro do provede (m)	0,1018	0,1017	0,1017	0,1018

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio	27-06-2012	27-06-2012	27-06-2012	27-06-2012
Temperatura de ensaio (°C)	24	24	24	24
<i>H</i> - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior (m)	0,211	0,211	0,211	0,211
<i>P</i> - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede (m)	0,090	0,090	0,090	0,090
<i>H+P</i> - Altura da coluna de água = 300 +/- 1 (m)	0,301	0,301	0,301	0,301
<i>m</i> ₃ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0	498,0
<i>m</i> ₄ - Massa do contentor com água após tempo (<i>t</i> ₂) (g)	11546,3	14329,1	13753,9	11975,2
<i>t</i> ₂ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60	60
Altura da coluna de água (<i>H+P+1/2 I</i>) (m)	0,335	0,335	0,335	0,335
Área vertical do provede (<i>D</i> * <i>I</i> *π) (m ²)	0,0216	0,0215	0,0219	0,0216
<i>Q_h</i> - Caudal horizontal - [(<i>m</i> ₄ - <i>m</i> ₃)/ <i>t</i> ₂]*10 ⁻⁶ (m ³ /s)	1,84E-04	2,31E-04	2,21E-04	1,91E-04
<i>K_h</i> - Permeabilidade horizontal - (<i>Q_h</i> * <i>I</i>)/[(<i>H+P+0,5 I</i>)*(<i>D</i> * <i>I</i> *π)] (m/s)	1,72E-03	2,16E-03	2,06E-03	1,79E-03
<i>K_h</i> média - Permeabilidade horizontal média (m/s)	1,9E-03			

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - I - PK 17 + 890
Método de fabrico da mistura betuminosa	Mecânico - fabricado em central

Características dos provetes

Numero do Provette		1.1	1.2	1.3
Método usado na compactação		Cilindro vibratório	Cilindro vibratório	Cilindro vibratório
Tipo de Provete		Carotado	Carotado	Carotado
I - Espessura do provete	(m)	0,0359	0,0350	0,0367
D - Diâmetro do provete	(m)	0,1000	0,1003	0,1001

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio		27-06-2012	27-06-2012	27-06-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	24	24	24
m₁ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0
m₂ - Massa do contentor com água após tempo (t ₁)	(g)	16576,8	15810,4	19150,2
t₁ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60
h - Altura da coluna de água	(m)	0,301	0,301	0,301
Q_v - Caudal vertical $[(m_2 - m_1)/t_1] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	2,68E-04	2,55E-04	3,11E-04
K_v - Permeabilidade vertical $(4 \cdot Q_v \cdot I)/(h \cdot \pi \cdot D^2)$	(m/s)	4,07E-03	3,76E-03	4,82E-03
K_v média - Permeabilidade Vertical Média	(m/s)	4,2E-03		

Características dos provetes

Numero do Provette		1.1	1.2	1.3
Método usado na compactação		Cilindro vibratório	Cilindro vibratório	Cilindro vibratório
Tipo de Provete		Carotado	Carotado	Carotado
I - Espessura do provete	(m)	0,0359	0,0350	0,0367
D - Diâmetro do provete	(m)	0,1000	0,1003	0,1001

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio		28-06-2012	28-06-2012	28-06-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	24,3	24,3	24,3
H - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior	(m)	0,211	0,211	0,211
P - Altura do tubo inferior que está fixado ao provete	(m)	0,090	0,090	0,090
H+P - Altura da coluna de água = 300 +/- 1	(m)	0,301	0,301	0,301
m₃ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0
m₄ - Massa do contentor com água após tempo (t ₂)	(g)	15088,4	14455,6	14255,6
t₂ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60
Altura da coluna de água (H+P+½ I)	(m)	0,319	0,319	0,319
Área vertical do provete (D*π)	(m²)	0,0113	0,0110	0,0115
Q_h - Caudal horizontal $[(m_4 - m_3)/t_2] \cdot 10^{-6}$	(m³/s)	2,43E-04	2,33E-04	2,29E-04
K_h - Permeabilidade horizontal $-(Q_h \cdot I)/[(H+P+0,5 I) \cdot (D \cdot \pi)]$	(m/s)	2,43E-03	2,32E-03	2,28E-03
K_h média - Permeabilidade horizontal média	(m/s)	2,3E-03		

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - II - PK 17 + 875
Método de fabrico da mistura betuminosa	Mecânico - fabricado em central

Características dos provetes

Numero do Provede	2.1	2.2	2.3
Método usado na compactação	Cilindro vibratório	Cilindro vibratório	Cilindro vibratório
Tipo de Provede	Carotado	Carotado	Carotado
I - Espessura do provede (m)	0,0374	0,0359	0,0314
D - Diâmetro do provede (m)	0,1002	0,1003	0,1003

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio	27-06-2012	27-06-2012	27-06-2012
Temperatura de ensaio (°C)	24	24	24
m₁ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0
m₂ - Massa do contentor com água após tempo (t _g) (g)	14751,0	17655,6	20972,4
t₁ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60
h - Altura da coluna de água (m)	0,301	0,301	0,301
Q_v - Caudal vertical [(m ₂ -m ₁)/t ₁]*10 ⁻⁶ (m ³ /s)	2,38E-04	2,86E-04	3,41E-04
K_v - Permeabilidade vertical (4*Q _v *I)/(h*π*D ²) (m/s)	3,74E-03	4,32E-03	4,51E-03
K_v média - Permeabilidade Vertical Média (m/s)	4,2E-03		

Características dos provetes

Numero do Provede	2.1	2.2	2.3
Método usado na compactação	Cilindro vibratório	Cilindro vibratório	Cilindro vibratório
Tipo de Provede	Carotado	Carotado	Carotado
I - Espessura do provede (m)	0,0374	0,0359	0,0314
D - Diâmetro do provede (m)	0,1002	0,1003	0,1003

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio	28-06-2012	28-06-2012	28-06-2012
Temperatura de ensaio (°C)	24,3	24,3	24,3
H - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior (m)	0,211	0,211	0,211
P - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede (m)	0,090	0,090	0,090
H+P - Altura da coluna de água = 300 +/- 1 (m)	0,301	0,301	0,301
m₃ - Massa do contentor vazio (g)	498,0	498,0	498,0
m₄ - Massa do contentor com água após tempo (t _g) (g)	13335,2	15302,6	15118,8
t₂ - Tempo de escoamento (s)	60	60	60
Altura da coluna de água (H+P+ 1/2 I) (m)	0,320	0,319	0,317
Área vertical do provede (D*I*π) (m ²)	0,0118	0,0113	0,0099
Q_h - Caudal horizontal - [(m ₄ -m ₃)/t ₂]*10 ⁻⁶ (m ³ /s)	2,14E-04	2,47E-04	2,44E-04
K_h - Permeabilidade horizontal - (Q _h *I)/[(H+P+0,5 I)*(D*I*π)] (m/s)	2,13E-03	2,46E-03	2,44E-03
K_h média - Permeabilidade horizontal média (m/s)	2,3E-03		

ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Características da mistura betuminosa

Referência da mistura betuminosa	PA 12,5 - III - PK 17 + 862
Método de fabrico da mistura betuminosa	Mecânico - fabricado em central

Características dos provetes

Numero do Provede		3.1	3.2	3.3
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		50	50	50
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede	(m)	0,0382	0,0364	0,0356
D - Diâmetro do provede	(m)	0,1001	0,1002	0,1002

Resultados Permeabilidade Vertical

Data de ensaio		29-06-2012	29-06-2012	29-06-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	24,1	24,1	24,1
m₁ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0
m₂ - Massa do contentor com água após tempo (t ₁)	(g)	13298,2	16100,6	15361,6
t₁ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60
h - Altura da coluna de água	(m)	0,301	0,301	0,301
Q_v - Caudal vertical [(m ₂ -m ₁)/t ₁]*10 ⁻⁶	(m ³ /s)	2,13E-04	2,60E-04	2,48E-04
K_v - Permeabilidade vertical (4*Q _v *I)/(h*π*D ²)	(m/s)	3,44E-03	3,99E-03	3,72E-03
K_v média - Permeabilidade Vertical Média	(m/s)	3,7E-03		

Características dos provetes

Numero do Provede		3.1	3.2	3.3
Método usado na compactação		Compactador de impacto	Compactador de impacto	Compactador de impacto
Repetição n.º		50	50	50
Tipo de Provede		Moldado	Moldado	Moldado
I - Espessura do provede	(m)	0,0382	0,0364	0,0356
D - Diâmetro do provede	(m)	0,1001	0,1002	0,1002

Resultados Permeabilidade Horizontal

Data de ensaio		29-06-2012	29-06-2012	29-06-2012
Temperatura de ensaio	(°C)	24,1	24,1	24,1
H - Distância da valvula de saída do tubo plástico superior ao tubo inferior	(m)	0,211	0,211	0,211
P - Altura do tubo inferior que está fixado ao provede	(m)	0,090	0,090	0,090
H+P - Altura da coluna de água = 300 +/- 1	(m)	0,301	0,301	0,301
m₃ - Massa do contentor vazio	(g)	498,0	498,0	498,0
m₄ - Massa do contentor com água após tempo (t ₂)	(g)	13182,6	15219,4	13610,4
t₂ - Tempo de escoamento	(s)	60	60	60
Altura da coluna de água (H+P+½ I)	(m)	0,320	0,319	0,319
Área vertical do provede (D*I*π)	(m ²)	0,0120	0,0115	0,0112
Q_h - Caudal horizontal - [(m ₄ -m ₃)/t ₂]*10 ⁻⁶	(m ³ /s)	2,11E-04	2,45E-04	2,19E-04
K_h - Permeabilidade horizontal - (Q _h *I)/[(H+P+0,5 I)*(D*I*π)]	(m/s)	2,10E-03	2,44E-03	2,18E-03
K_h média - Permeabilidade horizontal média	(m/s)	2,2E-03		