



Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas

***Misturas Betuminosas a Quente Coloridas – Caso de
Aplicação no Santuário de Fátima***

Relatório de estágio apresentado para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil

Jorge Miguel da Silva Mendes

Leiria, março de 2018

Esta página foi intencionalmente deixada em branco



Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

Misturas Betuminosas a Quente Coloridas – Caso de Aplicação no Santuário de Fátima

Relatório de estágio apresentado para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil

Jorge Miguel da Silva Mendes

Relatório de estágio de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor João Pedro Silva, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Engenheiro André Quevedo Lourenço, Diretor de Obra / Diretor de Produção da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A.

Leiria, março de 2018.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Dedicatória

À minha família

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

À minha mulher e ao meu filho pelo incentivo e constante apoio para nunca desistir e reforço de confiança em mim. O meu reconhecimento e gratidão pelo apoio permanente, pelo estímulo e por partilharem comigo a convicção de que vale a pena sacrifício e abdicar também de alguns fins-de-semana.

Ao Professor Doutor João Pedro Silva, meu orientador, pela excepcional disponibilidade de orientação sempre evidenciada.

À Empresa Construções JJR & Filhos, S.A., onde decorreu o estágio, por me terem facultado o seu laboratório para realização da investigação nas suas instalações e recursos disponibilizados.

Ao Sr. José Carlos Rodrigues, Administrador da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A.

Ao Engenheiro André Quevedo Lourenço, meu coorientador de estágio e Diretor de Obra / Diretor de Produção da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A.

À Engenheira Celina Santos, Geóloga da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A.

A todos os funcionários da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A., que diretamente ou indiretamente estiverem envolvidos no meu estágio.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

Este relatório traduz o trabalho realizado na empresa Construções JJR & Filhos, S.A., durante três meses de estágio curricular.

O incidiu principalmente na obtenção de uma mistura betuminosa colorida a quente, a aplicar no Recinto do Santuário de Fátima com a finalidade de reabilitar o pavimento existente garantindo o enquadramento arquitetónico com o meio envolvente bem como o conforto e segurança dos usuários do espaço mencionado.

Atendendo às condicionantes específicas da obra e face às solicitações do Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima, desenvolveram-se diversos estudos com incorporação de diversos inertes de modo a obter uma mistura betuminosa com a tonalidade diferente das misturas betuminosas tradicionais e que proporcione uma cómoda, confortável e segura deslocação pedonal dos peregrinos e visitantes do Recinto do Santuário de Fátima.

De acordo com a metodologia tipicamente seguida para o estudo das misturas betuminosas coloridas a quente, foram realizados em laboratório os ensaios de análise granulométrica, massa volúmica de absorção de água, ensaio de marshall e de azul metileno. Os resultados destes ensaios assumem particular importância ao nível da formulação da mistura betuminosa, para uma solução adequada face ao resultado final pretendido.

Os resultados obtidos e análises efetuadas permitiram o desenvolvimento de uma mistura betuminosa colorida a quente adequada para a situação em análise.

A aplicação da mistura betuminosa colorida a quente é semelhante ao processo das misturas betuminosas convencionais, tendo como especial atenção a não contaminação da mistura. Neste caso houve, no entanto, que atender às especificidades e condicionalismos próprios do local obra tendo, por isso, todo o processo de colocação da mistura betuminosa colorida sido efetuado em consonância e nas datas estipuladas pelo dono de obra.

No decorrer do fabrico e aplicação da mistura betuminosa colorida a quente desenvolvida, foi efetuado o controlo de qualidade, fundamental para garantir a qualidade e tonalidade pretendida pelo Dono de Obra.

Palavras-chave: Mistura Betuminosa Colorida a Quente, Agregados, Controlo de Qualidade.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

This report reflects the work carried out in the company Construções JJR & Filhos, S.A., during three months of curricular internship.

The main focus was on obtaining a hot colored bituminous mixture to be applied in the Sanctuary of Fátima, with the purpose of rehabilitating the existing pavement guaranteeing, architectonic integration with the surroundings as well as the comfort and safety of the users of the mentioned space.

Considering the specific constraints of the work and in response to requests from the Department of Civil Engineering of the Sanctuary of Fátima, several studies were developed with the incorporation of several inert in order to obtain a bituminous mixture with a different shade from the traditional bituminous mixtures and that can provide a comfortable and safe pedestrian movement of the pilgrims and visitors of Sanctuary of Fátima.

According to the methodology typically followed for the study of hot colored bituminous mixtures, the tests of granulometric analysis, density of water absorption, marshall and methylene blue tests were carried out in the laboratory. The results of these tests assume particular importance at the formulation level of the bituminous mixture, for a suitable solution against the desired final result.

The results obtained and the analysis supported the development of a hot colored bituminous mixture suited for the situation under analysis.

The application of the hot colored bituminous mixture is similar to the process of conventional bituminous mixtures, with particular attention being given to non-contamination of the mixture. In this case, however, it was also necessary to take into account the specificities and constraints typical of the work site, so that the whole process of placing the colored bituminous mixture was carried out in accordance with the dates stipulated by the developer.

During the manufacture and application of the bituminous mixture a rigorous quality control was performed which is fundamental to guarantee the quality and tonality desired by developer.

Keywords: Colored hot mix asphalt, Aggregates, Quality Control.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Figuras

<i>Figura 1 – Planta de localização dos carotes extraídos.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2 – Equipamento utilizado para a extração dos carotes.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3 – Pavimento colorido – Escola Secundária Jacôme Ratton</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4 – Pavimento colorido – EBI Santo António de Tercena.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5 – Localização dos trechos experimentais.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6 – Trechos experimentais executados.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7 – Trecho experimental final</i>	<i>45</i>
<i>Figura 8 – Conclusão dos trabalhos de aplicação de mistura betuminosa colorida.....</i>	<i>70</i>

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Tabelas

<i>Tabela 1 – Ficha Técnica AC 4 reg Recofal S-50 (AB) (G7)</i>	16
<i>Tabela 2 – Ficha Técnica AC 4 reg Recofal S-50 (AB) (G7+M7)</i>	17
<i>Tabela 3 – Ficha Técnica AC 4 reg Recofal S-50 (AB) (M7)</i>	18
<i>Tabela 4 – Ficha Técnica AC 4 reg Recofal S-50 (AB) (Estudo Laboratorial)</i>	43

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Quadros

<i>Quadro 1 – Inspeção Visual Carotagem 1 – C1</i>	7
<i>Quadro 2 – Inspeção Visual Carotagem 2 – C2</i>	8
<i>Quadro 3 – Inspeção Visual Carotagem 3 – C3</i>	9
<i>Quadro 4 – Inspeção Visual Carotagem 4 – C4</i>	10
<i>Quadro 5 – Resultados obtidos relativos aos carotes</i>	11
<i>Quadro 6 – Natureza e origem dos agregados</i>	22
<i>Quadro 7 – Valores limites do Caderno de Encargos tipo (IP)</i>	22
<i>Quadro 8 – Percentagem das frações</i>	23
<i>Quadro 9 – Percentagem acumulada do material passado</i>	23
<i>Quadro 10 – Análise Granulométrica Quartzito 0/6,3</i>	24
<i>Quadro 11 – Análise Granulométrica Pó de Basalto 0/4</i>	26
<i>Quadro 12 – Massa Volúmica e Absorção de Água Quartzito 0/6,3</i>	27
<i>Quadro 13 – Massa Volúmica e Absorção de Água Pó de Basalto 0/4</i>	28
<i>Quadro 14 – Curva Granulométrica da Mistura Betuminosa Colorida</i>	29
<i>Quadro 15 – Composição dos Provetes</i>	30
<i>Quadro 16 – Baridade</i>	31
<i>Quadro 17 – Peso Específico do Ligante</i>	32
<i>Quadro 18 – Baridade Máxima Teórica (7,0%)</i>	33
<i>Quadro 19 – Baridade Máxima Teórica (7,5%)</i>	34
<i>Quadro 20 – Baridade Máxima Teórica (8,0%)</i>	35
<i>Quadro 21 – Características dos Provetes</i>	36
<i>Quadro 22 – Força de Rotura e Deformação dos Provetes</i>	37
<i>Quadro 23 – Composição Volumétrica das Misturas</i>	38
<i>Quadro 24 – Curva característica da mistura betuminosa colorida</i>	39
<i>Quadro 25 – Azul de Metileno</i>	40
<i>Quadro 26 – Percentagem acumulada do material passado da mistura</i>	41
<i>Quadro 27 – Valores limites pelo Caderno de Encargos</i>	41
<i>Quadro 28 – Características da mistura</i>	42

<i>Quadro 29 – Relatório de Amostragem N.º 1</i>	49
<i>Quadro 30 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 1</i>	50
<i>Quadro 31 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 1</i>	51
<i>Quadro 32 – Relatório de Amostragem N.º 2</i>	52
<i>Quadro 33 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 2</i>	53
<i>Quadro 34 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 2</i>	54
<i>Quadro 35 – Relatório de Amostragem N.º 3</i>	55
<i>Quadro 36 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 3</i>	56
<i>Quadro 37 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 3</i>	57
<i>Quadro 38 – Relatório de Amostragem N.º 4</i>	58
<i>Quadro 39 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 4</i>	59
<i>Quadro 40 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 4</i>	60
<i>Quadro 41 – Relatório de Amostragem N.º 5</i>	61
<i>Quadro 42 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 5</i>	62
<i>Quadro 43 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 5</i>	63
<i>Quadro 44 – Relatório de Amostragem N.º 6</i>	64
<i>Quadro 45 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 6</i>	65
<i>Quadro 46 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 6</i>	66
<i>Quadro 47 – Relatório de Amostragem N.º 7</i>	67
<i>Quadro 48 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 7</i>	68
<i>Quadro 49 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 7</i>	69
<i>Quadro 50 – Resumo de Ensaios de Controlo de Qualidade</i>	70

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de siglas e Abreviaturas

Letras Romanas

AC	Asphalt Concrete
Bin	Binder Course
Base	Base Course
Reg	Regulation Course
Surf	Surface Course
°C	Grau Celsius
Kg	Quilogramas
KN	Quilonewton
Pa	Pascal
(ABGE)	Agregado Britado de Granulometria Extensa
M	Massa
Ri	Massa em cada Fração Granulométrica di/Di
mi	Massa, em Gramas, do Material em cada Fração Granulométrica di/Di que passa pelo Peneiro de Barras, com Ranhura de Largura Di/2
f	Porcentagem de Finos
FI	Índice de Achatamento (Flakiness Index)
SI	Índice de Forma (Shape Index)
MB, MBf	Azul-de-Metileno (Methylene Blue)
LA	Coefficiente de Los Angeles
CM	Coefficiente de Marshall
EM	Estabilidade de Marshall
DM	Deformação de Marshall
LL	Límite de Liquidez
LP	Límite de Plasticidade
mm	Milímetros

ml	Mililitro
s	Segundo
di/Di	Fração Granulométrica (Diâmetro, Abertura inferior e Superior)
E	Espessura de Partícula
L	Comprimento de Partícula
Va	Volume de Agregados
Vb	Volume de Betume
Vm	Porosidade
Vv	Volume de Vazio

Letras Gregas

μm	Micrómetro
%	Percentagem
\emptyset	Diâmetro

Siglas

NP	Norma Portuguesa
NP EN	Norma Portuguesa baseada em Norma Europeia
EN	Norma Europeia
ISO	Norma Europeia da Organização Internacional para Padronização
ISRM	Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas
ASTM	American Society for Testing and Materials
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
IPQ	Instituto Português de Qualidade
IPL	Instituto Politécnico de Leiria
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria
EP	Estradas de Portugal
IP	Infraestruturas de Portugal

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE TABELAS	XV
LISTA DE QUADROS	XVII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	XX
ÍNDICE	XXIII
1. INTRODUÇÃO	2
1.1. Enquadramento	2
1.2. Objetivo	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura de Trabalho	3
2. SONDAgens	5
2.1. Programa de Sondagens	5
3. TRECHO EXPERIMENTAL (Inicial)	13
3.1. Introdução	13
3.2. Obras Realizadas	13
3.3. Elaboração de Fichas Técnicas	15
3.4. Localização e Resultados dos Trechos Experimentais	19
4. ESTUDO LABORATORIAL	21
4.1. Introdução	21

4.2. Materiais Constituintes	21
4.2.1. Ligante	21
4.2.2. Agregados	21
4.2.3. Composição e Granulometria	22
4.3. Análise Granulométrica	23
4.3.1. Análise Granulométrica “Quartzito 0/6,3”	24
4.3.2. Análise Granulométrica “Pó de Basalto 0/4”	25
4.4. Massa Volúmica e Absorção de Água	27
4.4.1. Massa Volúmica e Absorção de Água “Quartzito 0/6,3”	27
4.4.2. Massa Volúmica e Absorção de Água “Pó de Basalto 0/4”	28
4.5. Curva Granulométrica da Mistura	29
4.6. Ensaio “Marshall”	30
4.6.1. Preparação dos Provetes	30
4.6.2. Baridade	31
4.6.3. Peso Específico do Ligante	32
4.6.4. Baridade Máxima Teórica	33
4.6.4.1. Baridade Máxima Teórica (7,0%)	33
4.6.4.2. Baridade Máxima Teórica (7,5%)	34
4.6.4.3. Baridade Máxima Teórica (8,0%)	35
4.6.4.4. Características dos Provetes	36
4.6.5. Força de Rotura e Deformação dos Provetes	36
4.6.6. Composição Volumétrica das Misturas	37
4.6.7. Curva Característica da Mistura	38
4.6.8. Azul de Metileno	40
4.6.9. Considerações Finais	40
4.6.10. Ficha Técnica (Estudo Laboratorial)	42

5. TRECHO EXPERIMENTAL (Final)	45
5.1. Introdução	45
5.2. Considerações Finais	45
6. CONTROLO DE QUALIDADE	47
6.1. Introdução	47
6.2. Controlo de Qualidade	48
6.2.1. Relatório de Amostragem da Amostra N.º 1	48
6.2.2. Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 1.....	50
6.2.3. Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 1	51
6.2.4. Relatório de Amostragem da Amostra N.º 2	52
6.2.5. Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 2.....	53
6.2.6. Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 2	54
6.2.7. Relatório de Amostragem da Amostra N.º 3	55
6.2.8. Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 3.....	56
6.2.9. Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 3	57
6.2.10. Relatório de Amostragem da Amostra N.º 4	58
6.2.11. Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 4.....	59
6.2.12. Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 4	60
6.2.13. Relatório de Amostragem da Amostra N.º 5	61
6.2.14. Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 5.....	62
6.2.15. Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 5	63
6.2.16. Relatório de Amostragem da Amostra N.º 6	64
6.2.17. Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 6.....	65
6.2.18. Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 6	66
6.2.19. Relatório de Amostragem da Amostra N.º 7	67
6.2.20. Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 7.....	68

6.2.21. Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 7.....	69
6.3. Resumo Final	70
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXO 1 – FICHA TÉCNICA DO LIGANTE SINTÉTICO	74
ANEXO 2 – CERTIFICADOS DE CONFORMIDADE E DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO DOS AGREGADOS.....	75

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1. Introdução

1.1. Enquadramento

Este relatório surge no âmbito do estágio curricular para conclusão do Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas, realizado na empresa Construções JJR & Filhos, S.A. que tem como principal atividade o setor de Obras Públicas – Vias de Comunicação. No decurso deste estágio curricular, o signatário colaborou em diversas tarefas sempre com o intuito de desenvolver competências na área do fabrico, controlo e colocação de misturas betuminosas coloridas.

A empresa Construções JJR & Filhos, S.A., atualmente com mais de 35 anos de experiência e conhecimento no setor da construção, beneficiação e conservação de vias de comunicação, está sediada na Quinta da Sardinha – Leiria, detentora do Alvará de Construção n.º19612, com classe 8 em “Vias de Comunicação Rodoviária e Aeródromos”. A sua estratégia de atuação no mercado nacional e internacional, contando com uma equipa de 250 colaboradores, qualificados e com experiência, detém sete centros de produção a nível nacional, localizados numa posição estratégica.

1.2. Objetivo

O objetivo central deste relatório de estágio é de descrever o processo de desenvolvimento, fabrico, colocação e controlo de qualidade de uma mistura betuminosa colorida a quente, que cumpra com as exigências do Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima, a aplicar no Recinto do Santuário de Fátima com a finalidade de reabilitar o pavimento existente.

Com este relatório pretende-se aprofundar os conhecimentos e sintetizar a experiência adquirida ao longo do estágio no domínio do controlo de qualidade do processo de fabrico e colocação em obra de misturas betuminosas coloridas a quente.

1.3. Metodologia

A metodologia seguida no estágio é descrita no presente relatório passou pela concretização de várias tarefas que enquadram todo o processo de desenvolvimento, colocação em obra e controlo de qualidade de uma mistura betuminosa a quente colorida. Sucintamente as principais tarefas são as seguintes:

Tarefa 1: Avaliação do pavimento existente – No âmbito desta tarefa, serão realizados carotes de modo a obter informações e permitir avaliar o estado de conservação e regularidade das camadas de base existentes na zona de intervenção. Após análise dos carotes extraídos, conclui-se que a camada de base se encontra convenientemente estabilizada para o uso a que se destina.

Tarefa 2: Estudo laboratorial – O estudo laboratorial tem como finalidade, determinar a composição da mistura betuminosa colorida a quente composta por ligante Recofal S-50 e agregados de quartzito e pó de basalto. A mistura betuminosa colorida a quente foi sujeita a ensaios de análise granulométrica, ensaio de “Marshall” e de Azul de Metileno.

Tarefa 3: Aplicação e controlo de qualidade – No âmbito desta tarefa, será descrito o fabrico e a aplicação das misturas betuminosas coloridas a quente, as quais possuem características mecânicas similares às misturas betuminosas com betume convencional, tendo como especial atenção a não contaminação das mesmas. O controlo de qualidade em obra é uma etapa necessária e relevante para verificar o cumprimento das exigências do Dono. Para o efeito foram recolhidas amostras de mistura betuminosa colorida a quente durante a execução da obra e sujeitas aos ensaios de análise granulométrica, percentagem de betume e baridade máxima teórica.

1.4. Estrutura de Trabalho

O presente relatório de estágio está organizado em seis capítulos, conforme a seguir apresentados:

Capítulo 1: Introdução – Este capítulo faz a abordagem e o enquadramento do tema desenvolvido nesta dissertação, bem como os objetivos, a metodologia e a estrutura do trabalho efetuado.

Capítulo 2: Sondagens – Neste capítulo descreve-se a quantidade e localização das sondagens (carotes) a efetuar no pavimento existente no Recinto do Santuário de Fátima, bem como o método e equipamento utilizado. Após execução das sondagens, efetua-se a análise dos resultados obtidos.

Capítulo 3: Trecho Experimental (Inicial) – Neste capítulo está descrito os três trechos experimentais efetuados com mistura betuminosa colorida a quente efetuados no Recinto do Santuário de Fátima, com o objetivo de obter aprovação por parte do Dono de Obra.

Capítulo 4: Estudo Laboratorial – Este capítulo efetua a abordagem dos ensaios realizados aos agregados que constituem as misturas betuminosas coloridas a quente, bem como os ensaios realizados às misturas betuminosas coloridas a quente.

Capítulo 5: Trecho Experimental (Final) – Neste capítulo está descrito o trecho experimental efetuado de acordo com os valores e parâmetros extraídos do estudo

laboratorial efetuado, com vista à aprovação por parte do Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima.

Capítulo 6: Controlo de Qualidade – Descreve o processo de colocação de mistura betuminosa colorida a quente em obra e controlo de qualidade efetuado.

Capítulo 7: Conclusões e Trabalhos Futuros – Este capítulo refere o resumo do relatório de estágio curricular e menciona trabalhos futuros.

2. Sondagens

2.1. Programa de Sondagens

Com vista ao estudo das condições do pavimento existente no Recinto do Santuário de Fátima e de modo a obter informações e permitir avaliar o estado de conservação e regularidade das camadas de base existentes na zona de intervenção, foi acordado com o Dono de Obra a realização de sondagens.

A localização e quantidade de sondagens a efetuar foram estipuladas em diálogo com o Dono de Obra representado pelo Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima, nos locais que visualmente se encontravam degradados a nível estrutural do pavimento existente visível pelo fendilhamento múltiplo com espaçamento da malha superior a 40 cm, considerada “pele de crocodilo” de malha larga.

De salientar que na restante área do recinto alvo de intervenção, visualmente o pavimento, é homogéneo e não apresenta deformações.

Na figura 1 seguinte, estão localizados os locais de extração dos carotes recolhidos no Recinto do Santuário de Fátima. Em cada local identificado na figura 1 foi extraído um único carote, num total de quatro carotes.

Os trabalhos de sondagens decorreram no dia 16-11-2019 e para a sua execução recorreu-se a um equipamento de furação modelo HILTI DD 130. A broca utilizada na extração destes carotes possui um diâmetro interno de 102 mm.




Figura 1 – Planta de localização dos carotes extraídos


A figura seguinte identifica o local de extração do carote designado na figura anterior com o número 2, bem como o equipamento de furação utilizado.



Figura 2 – Equipamento utilizado para a extração dos carotes

De seguida apresentam-se os registos de verificação visual de cada carote extraído, de acordo com a localização definida na figura 1:

Inspeção visual dos trabalhos em curso / executados: Carotagem 1 – C1		
	Espessura	Descrição
	1 cm	Massas a frio
	15 cm	Macadame hidráulico
	13 cm	Material do tipo argila vermelha com brita grossa de calcário
0 – 29 cm	----	Betão



Quadro 1 – Inspeção Visual Carotagem 1 – C1

Como se verifica no quadro 1, o carote 1, designado como C1, é composto por uma camada de revestimento superficial revestido com uma camada de 1 cm de espessura média de massas a frio composto por emulsões betuminosas e agregados finos de calcário com uma granulometria compreendida entre 0/6 mm.

A camada de base é constituída por macadame hidráulico com uma espessura de 15 cm, composto por agregados de calcário de maior dimensões cujos vazios são preenchidos por agregados de calcário de menor dimensão. A camada de base, composta por agregado britado de granulometria extensa de origem calcária, possui uma granulometria compreendida entre 0/30 mm.

A camada de sub-base com uma espessura de 13 cm é composta por material argiloso vermelho misturado com brita calcária de granulometria compreendida entre 10/20 mm. À profundidade de 29 cm, encontrou-se betão, originário de antigas construções (fundação de muro) e deu-se por terminado o carote C1.

Inspeção visual dos trabalhos em curso / executados: Carotagem 2 – C2



Espessura		Descrição
0 - 37 cm	1 cm	Massas a frio
	14 cm	Semi-penetração
	10 cm	Material do tipo argila vermelha com brita grossa de calcário
	12 cm	Material do tipo argila vermelha



Quadro 2 – Inspeção Visual Carotagem 2 – C2

Como se verifica no quadro 2, o carote 2, designado como C2, é composto por uma camada de revestimento superficial revestido com uma camada de 1 cm de espessura média de massas a frio composto por emulsões betuminosas e agregados finos de calcário com uma granulometria compreendida entre 0/8 mm.

A camada de base é constituída por semi-penetração betuminosa com uma espessura de 14 cm, composto por agregados de calcário, envolvidos em regas betuminosas. Os agregados calcários que constituem a camada de base possuem uma granulometria compreendida entre 10/20 mm.

A camada de sub-base com uma espessura de 10 cm é composta por material argiloso vermelho misturado com brita calcária de granulometria 10/20 mm.

A partir dos 25 cm até à profundidade de 37 cm, encontrou-se solo do tipo argila vermelha e deu-se por terminado o carote C2.

Inspeção visual dos trabalhos em curso / executados: Carotagem 3 – C3



Espessura		Descrição
0 – 22 cm	2 cm	Massas a frio
	12 cm	Macadame hidráulico
	8 cm	Material do tipo argila vermelha com brita grossa de calcário



Quadro 3 – Inspeção Visual Carotagem 3 – C3

Como se verifica no quadro 3, o carote 3, designado como C3, é composto por uma camada de revestimento superficial revestido com uma camada de 2 cm de espessura média, de massas a frio composto por emulsões betuminosas e agregados finos de calcário com uma granulometria compreendida entre 0/6 mm.

A camada de base é constituída por macadame hidráulico com uma espessura de 12 cm, composto por agregados de calcário de maior dimensões cujos vazios são preenchidos por agregados de calcário de menor dimensão, envolvidos com solo tipo argila. A camada de base, composta por agregado britado de granulometria extensa de origem calcário, possui uma granulometria compreendida entre 0/30 mm, mistura com solo tipo argila.

A partir dos 14 cm até à profundidade de 22 cm, encontrou-se solo do tipo argila vermelha mistura com brita calcária com uma granulometria compreendida entre 10/20 mm e deu-se por terminado o carote C3.

Inspeção visual dos trabalhos em curso / executados: Carotagem 4 – C4



Espessura		Descrição
0 – 23 cm	1,5 cm	Massas a frio
	15,5 cm	Macadame hidráulico
	3 cm	Material do tipo argila branca com brita grossa de calcário
	3 cm	Material do tipo argila branca



Quadro 4 – Inspeção Visual Carotagem 4 – C4

Como se verifica no quadro 4, o carote 4, designado como C4, é composto por uma camada de revestimento superficial revestido com uma camada de 1,5 cm de espessura média, de massas a frio composto por emulsões betuminosas e agregados finos de calcário com uma granulometria compreendida entre 0/6 mm.

A camada de base é constituída por macadame hidráulico com uma espessura de 15,5 cm, composto por agregados de calcário de maior dimensões cujos vazios são preenchidos por agregados de calcário de menor dimensão. A camada de base, composta por agregado britado de granulometria extensa de origem calcário, possui uma granulometria compreendida entre 0/30 mm.

A camada de sub-base com uma espessura de 3 cm é composta por material argiloso branco, misturado com brita calcária de granulometria 10/20 mm.

A partir dos 20 cm até à profundidade de 23 cm, encontrou-se solo do tipo argila branca e deu-se por terminado o carote C4.

No seguimento dos carotes executados e após análise das camadas de base do pavimento a reabilitar, foi elaborado um quadro resumo com os aspetos, espessuras e características das várias camadas que compõem cada carote.

Carote	Descrição	Espessura (cm)	Espessura total (cm)	Observações
C1	Massas a frio	1	29	À profundidade de 29 cm, encontrou-se betão, dando por terminado o carote.
	Macadame hidráulico	15		
	Material do tipo argila vermelha com brita grossa de calcário	13		
	Betão	----		
C2	Massas a frio	1	37	A partir dos 25 cm até à profundidade de 37cm, encontrou-se solo do tipo argila vermelha e deu-se por terminado o carote.
	Semi-penetração	14		
	Material do tipo argila vermelha com brita grossa de calcário	10		
	Material do tipo argila vermelha	12		
C3	Massas a frio	2	22	A partir dos 14cm até à profundidade de 22cm, encontrou-se solo do tipo argila vermelha mistura com brita calcária e deu-se por terminado o carote.
	Macadame hidráulico	12		
	Material do tipo argila vermelha com brita grossa de calcário	8		
C4	Massas a frio	1,5	23	A partir dos 20cm até à profundidade de 23cm, encontrou-se solo do tipo argila branca e deu-se por terminado o carote.
	Macadame hidráulico	15,5		
	Material do tipo argila branca com brita grossa de calcário	3		
	Material do tipo argila branca	3		

Quadro 5 – Resultados obtidos relativos aos carotes

Após análise dos resultados de carotagem, concluiu-se que a camada de desgaste existente, do tipo massas a frio e de baixa espessura (variável entre 1 a 2 cm), está assente sobre camada de macadame hidráulico ou semi-penetração, por vezes com mistura de solos, demonstrando uniformidade no recinto.

Como o pavimento do Recinto do Santuário de Fátima a reabilitar, se destina unicamente a uso pedonal (peregrinos, visitantes e turistas), sendo vedado o acesso a todo o tráfego automóvel, conclui-se que a camada de base se encontra estabilizada para o uso a que se destina.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

3. TRECHO EXPERIMENTAL (Inicial)

3.1. Introdução

A Empresa Construções JJR & Filhos, S.A., possui uma larga experiência no fabrico e aplicação de misturas betuminosas convencionais, mas no que diz respeito ao fabrico e aplicação de misturas betuminosas coloridas de aplicação a quente, até à presente data tem feito parcerias com a Empresa António Emílio Gomes & Filhos, Lda, contratando em regime de sub-empregada a execução este tipo de misturas betuminosas coloridas.

Após convite por parte do Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima à Empresa Construções JJR & Filhos, S.A., com o intuito de apresentar uma solução económica e harmoniosa para requalificar o Recinto do Santuário de Fátima, a Empresa decidiu apostar na aplicação de mistura betuminosa colorida e propôs ao Dono de Obra a execução de três trechos experimentais com tonalidades diferentes no Recinto do Santuário de Fátima de modo a obter a sua aprovação.

Sendo um objetivo da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A., requalificar o Recinto do Santuário de Fátima, a Empresa decidiu avançar com o desafio de fabrico e aplicação de misturas betuminosas coloridas a quente e agendou uma reunião com a Empresa Repsol (fornecedor do Betume Recofal), com a Empresa António Emílio Gomes & Filhos, Lda (seu parceiro no fabrico e aplicação de misturas betuminosas coloridas a quente com um longo historial de obras realizadas) e com o Laboratório Interno da Empresa, de modo a compreender e desenvolver uma solução viável para a obra em questão. Após conclusão da reunião e sendo transmitida toda a boa vontade em abraçar o desafio e disponibilizar toda a informação e experiência por parte da Repsol e da Empresa António Emílio Gomes & Filhos, Lda, deu-se então início ao estudo e elaboração de fichas técnicas com base na experiência de obras anteriormente realizadas, para posterior execução dos trechos experimentais.

3.2. Obras Realizadas

A Empresa António Emílio Gomes & Filhos, Lda, tem vindo ao longo dos tempos aperfeiçoando, com base na experiência em misturas betuminosas convencionais, o fabrico e aplicação de misturas betuminosas coloridas de aplicação a quente, principalmente para o Parque Escolar, mas não dispõem, até à presente data, de fichas técnicas das misturas betuminosas coloridas aplicadas.

De seguida são apresentadas alguns trabalhos realizados pela empresa António Emílio Gomes & Filhos, Lda, no âmbito de reabilitação de escolas pelo Parque Escolar.

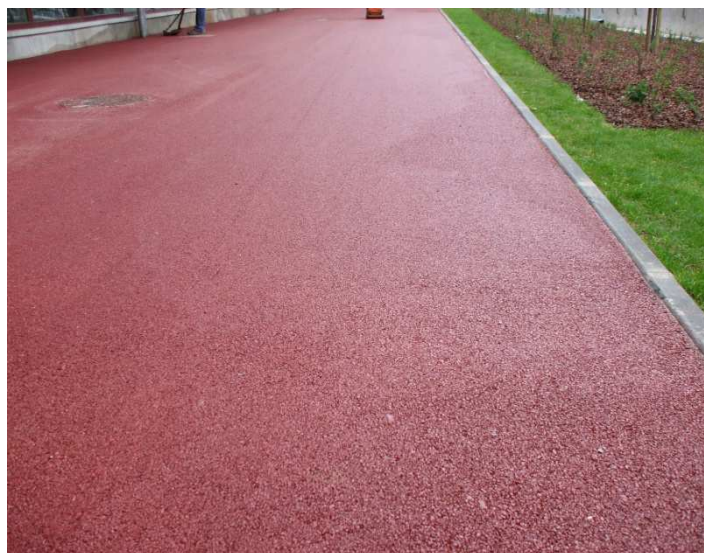


Figura 3 – Pavimento colorido - Escola Secundária Jacôme Ratton

A figura 3, demonstra a empreitada realizada em maio de 2012, na Escola Secundária Jacôme Ratton, sito em Tomar em mistura betuminosa colorida a quente, composta unicamente por agregado de calcário 0/4 e betume Recofal S-50, com incorporação de pigmento vermelho aquando do seu fabrico.

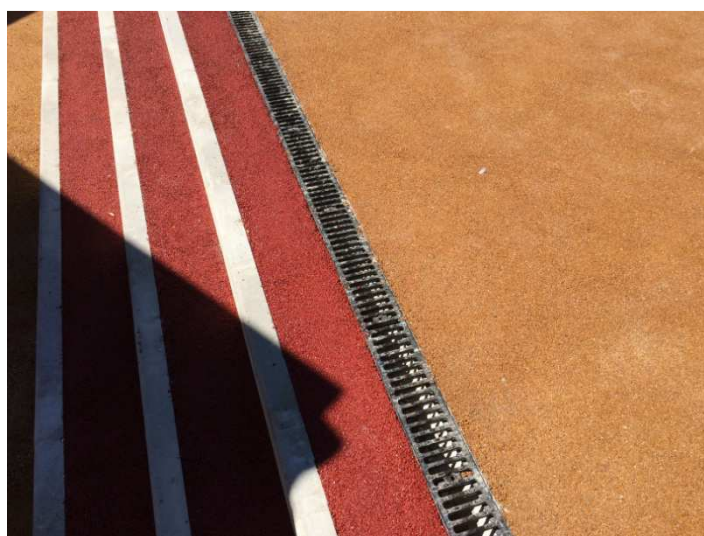


Figura 4 – Pavimento colorido – EB1 Santo António de Tercena

A figura 4, demonstra a empreitada realizada em setembro de 2014, na EB1 Santo António de Tercena, sito em Barcarena. Nesta empreitada foram realizados dois tipos de mistura betuminosa colorida a quente. As duas misturas betuminosas coloridas são unicamente compostas por agregado de calcário 0/4 e betume Recofal S-50, sendo que uma delas teve incorporação de pigmento vermelho aquando do seu fabrico e ficou com a tonalidade vermelho, que foi aplicada em todos os degraus de escadas existentes na escola. A outra mistura não teve incorporação de pigmento e obteve a tonalidade natural da mistura do betume sintético translúcido com o agregado calcário, sendo aplicado nos parques envolvente à Escola.

3.3. Elaboração de Fichas Técnicas

O Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima é composto por um Arquiteto e um Engenheiro Civil a tempo inteiro que se destina a coordenar e fiscalizar obras de reabilitação no Santuário de Fátima e zona envolvente.

Após reunião com o Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima, ficou decidido que a mistura betuminosa a aplicar no Recinto do Santuário de Fátima terá unicamente a tonalidade natural do betume sintético translúcido com o agregado utilizado na mistura, sem incorporação de pigmento.

Em termos de tonalidade, o Dono de Obra propôs a execução de três trechos experimentais a aplicar no Recinto do Santuário de Fátima, um com a tonalidade obtida na figura 4 e mais dois com incorporação de agregado quartzito em percentagem crescente e agregado calcário em percentagem decrescente, com o único objetivo de obter uma mistura betuminosa colorida com tonalidade mais escura.

De seguida são apresentadas três fichas técnicas com betume Recofal S-50 sintético e translúcido e incorporação de diversos agregados e diferentes percentagens com a finalidade de obter tonalidades diferentes. As fichas técnicas foram elaboradas com os estudos efetuados no laboratório interno da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A., com a colaboração da Empresa António Emílio Gomes & Filhos, Lda, na qual o signatário teve colaboração ativa.


1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO:	AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB) (G7)																																												
2. DESCRIÇÃO:	Mistura betuminosa a quente com características de Argamassa Betuminosa, fabricada com betume sintético.																																												
	Tipo de mistura:	A mistura do tipo AC 4 reg ligante (AB), é composta por uma curva granulométrica contínua, para aplicação em camadas com pouco espessura e é uma mistura fechada, de modo a facilitar a manutenção, já que não permite grande infiltração de resíduos e facilita a limpeza da superfície.																																											
	Utilização prevista do produto:	Destina-se à aplicação em pavimentos onde o aspeto visual é privilegiado, realçando a cor natural dos agregados, permitindo o equilíbrio e harmonia com o meio envolvente.																																											
3. COMPOSIÇÃO:	Ligante:	Trata-se de um ligante sintético, sem resinas, resistente a radiações UV, translúcido e modificado com polímeros, com grande poder de adesividade. É um ligante bastante evoluído tecnicamente, pelo que se consegue um elevado grau de transparência, sendo assim aquele que melhor conserva a cor natural dos agregados. O uso deste ligante numa mistura com agregados permite obter um pavimento elástico e confortável.																																											
	Agregados:	Os agregados a incorporar na mistura são agregados de alta qualidade, provenientes de explorações da região, resultantes da britagem de rochas sãs, homogêneos na cor e na forma.																																											
4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CARACTERÍSTICAS</th> <th colspan="3">VALORES</th> </tr> <tr> <th>Designação</th> <th>Percentagem</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Composição</td> <td>Pó de Pedra 0/4</td> <td>100%</td> <td rowspan="2">Calcário Recofal S-50</td> </tr> <tr> <td>Betume</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Granulometria</td> <td></td> <td>Peneiro (mm)</td> <td>Valores típicos</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10.0</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6.3</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.0</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.0</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.500</td> <td>32</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.125</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.063</td> <td>7.6</td> </tr> <tr> <td>Temperatura da mistura</td> <td colspan="3">150°C a 190°C</td> </tr> </tbody> </table>			CARACTERÍSTICAS	VALORES			Designação	Percentagem	Tipo	Composição	Pó de Pedra 0/4	100%	Calcário Recofal S-50	Betume	7%	Granulometria		Peneiro (mm)	Valores típicos		10.0	100		6.3	100		4.0	98		2.0	72		0.500	32		0.125	10		0.063	7.6	Temperatura da mistura	150°C a 190°C		
CARACTERÍSTICAS	VALORES																																												
	Designação	Percentagem	Tipo																																										
Composição	Pó de Pedra 0/4	100%	Calcário Recofal S-50																																										
	Betume	7%																																											
Granulometria		Peneiro (mm)	Valores típicos																																										
		10.0	100																																										
		6.3	100																																										
		4.0	98																																										
		2.0	72																																										
		0.500	32																																										
		0.125	10																																										
	0.063	7.6																																											
Temperatura da mistura	150°C a 190°C																																												
																																													

Tabela 1 – Ficha Técnica AC4 reg Recofal S-50 (AB) (G7)

A ficha técnica da tabela 1, evidencia essencialmente o tipo de agregado utilizado, neste caso é composta por 100% de pó de pedra calcário, bem como a sua granulometria. Esta mistura betuminosa, designada como TE 1 na figura 3, é a mistura em que se obtém a tonalidade mais creme.


1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO:	AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB) (G7 + M7)		
2. DESCRIÇÃO:	Mistura betuminosa a quente com características de Argamassa Betuminosa, fabricada com betume sintético.		
	Tipo de mistura:	A mistura do tipo AC 4 reg ligante (AB), é composta por uma curva granulométrica contínua, para aplicação em camadas com pouca espessura e é uma mistura fechada, de modo a facilitar a manutenção, já que não permite grande infiltração de resíduos e facilita a limpeza da superfície.	
	Utilização prevista do produto:	Destina-se à aplicação em pavimentos onde o aspeto visual é privilegiado, realçando a cor natural dos agregados, permitindo o equilíbrio e harmonia com o meio envolvente.	
3. COMPOSIÇÃO:	Ligante:	Trata-se de um ligante sintético, sem resinas, resistente a radiações UV, translúcido e modificado com polímeros, com grande poder de adesividade. É um ligante bastante evoluído tecnicamente, pelo que se consegue um elevado grau de transparência, sendo assim aquele que melhor conserva a cor natural dos agregados. O uso deste ligante numa mistura com agregados permite obter um pavimento elástico e confortável.	
	Agregados:	Os agregados a incorporar na mistura são agregados de alta qualidade, provenientes de explorações da região, resultantes da britagem de rochas sãs, homogêneos na cor e na forma.	
4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:			
CARACTERÍSTICAS	VALORES		
	Designação	Percentagem	Tipo
Composição	Pó de Pedra 0/4	50%	Calcário
	Agregado 0/6.3	50%	Quartzito
	Betume	7%	Recofal S-50
	Peneiro (mm)	Valores típicos	
Granulometria	10.0	100	
	6.3	100	
	4.0	93	
	2.0	74	
	0.500	32	
	0.125	12	
	0.063	7.6	
Temperatura da mistura	150°C a 190°C		
			

Tabela 2 – Ficha Técnica AC4 reg Recofal S-50 (AB) (G7 + M7)

A ficha técnica da tabela 2, evidencia essencialmente o tipo de agregado utilizado, neste caso é composta por 50% de pó de pedra calcário, 50% de agregado quartzito, bem como a sua granulometria. Esta mistura betuminosa, designada como TE 2 na figura 3, é a mistura em que se obtém a tonalidade castanho claro.


1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO:	AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB) (M7)																																													
2. DESCRIÇÃO:	Mistura betuminosa a quente com características de Argamassa Betuminosa, fabricada com betume sintético.																																													
	Tipo de mistura:	A mistura do tipo AC 4 reg ligante (AB), é composta por uma curva granulométrica contínua, para aplicação em camadas com pouca espessura e é uma mistura fechada, de modo a facilitar a manutenção, já que não permite grande infiltração de resíduos e facilita a limpeza da superfície.																																												
	Utilização prevista do produto:	Destina-se à aplicação em pavimentos onde o aspeto visual é privilegiado, realçando a cor natural dos agregados, permitindo o equilíbrio e harmonia com o meio envolvente.																																												
3. COMPOSIÇÃO:	Ligante:	Trata-se de um ligante sintético, sem resinas, resistente a radiações UV, translúcido e modificado com polímeros, com grande poder de adesividade. É um ligante bastante evoluído tecnicamente, pelo que se consegue um elevado grau de transparência, sendo assim aquele que melhor conserva a cor natural dos agregados. O uso deste ligante numa mistura com agregados permite obter um pavimento elástico e confortável.																																												
	Agregados:	Os agregados a incorporar na mistura são agregados de alta qualidade, provenientes de explorações da região, resultantes da britagem de rochas sãs, homogêneos na cor e na forma.																																												
4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:																																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">CARACTERÍSTICAS</th> <th colspan="3">VALORES</th> </tr> <tr> <th>Designação</th> <th>Percentagem</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Composição</td> <td>Agregado 0/6.3</td> <td>100%</td> <td>Quartzito</td> </tr> <tr> <td>Betume</td> <td>7%</td> <td>Recofal S-50</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Granulometria</td> <td></td> <td>Peneiro (mm)</td> <td>Valores típicos</td> </tr> <tr> <td></td> <td>10.0</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>6.3</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4.0</td> <td>91</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2.0</td> <td>72</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.500</td> <td>34</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.125</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.063</td> <td>9.0</td> </tr> <tr> <td>Temperatura da mistura</td> <td colspan="3">150°C a 190°C</td> </tr> </tbody> </table>			CARACTERÍSTICAS	VALORES			Designação	Percentagem	Tipo	Composição	Agregado 0/6.3	100%	Quartzito	Betume	7%	Recofal S-50	Granulometria		Peneiro (mm)	Valores típicos		10.0	100		6.3	100		4.0	91		2.0	72		0.500	34		0.125	16		0.063	9.0	Temperatura da mistura	150°C a 190°C		
CARACTERÍSTICAS	VALORES																																													
	Designação	Percentagem	Tipo																																											
Composição	Agregado 0/6.3	100%	Quartzito																																											
	Betume	7%	Recofal S-50																																											
Granulometria		Peneiro (mm)	Valores típicos																																											
		10.0	100																																											
		6.3	100																																											
		4.0	91																																											
		2.0	72																																											
		0.500	34																																											
		0.125	16																																											
	0.063	9.0																																												
Temperatura da mistura	150°C a 190°C																																													
																																														

Tabela 3 – Ficha Técnica AC4 reg Recofal S-50 (AB) (M7)

A ficha técnica da tabela 3, evidencia essencialmente o tipo de agregado utilizado, neste caso é composta por 100% de agregado quartzito, bem como a sua granulometria. Esta mistura betuminosa, designada como TE 3 na figura 3, é a mistura em que se obtém a tonalidade castanho escuro.

3.4. Localização e Resultados dos Trechos Experimentais

Os trechos experimentais executados no Recinto do Santuário de Fátima têm a localização, conforme figura 5 seguinte. O trecho experimental um, designado como TE 1, tem uma largura de 3 m e um comprimento aproximado de 21 m. O trecho experimental dois, designado como TE 2, tem uma largura constante de 3m e um comprimento aproximado de 19,50 m. O trecho experimental três, designado como TE 3, tem uma largura constante de 4 m e um comprimento aproximado de 24 m.



Figura 5 – Localização dos trechos experimentais

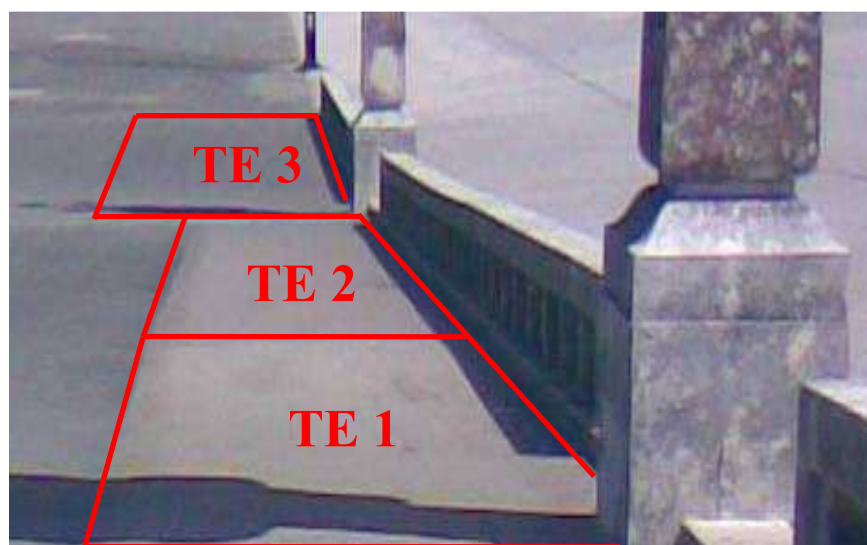


Figura 6 – Trechos experimentais executados

Após execução dos trechos experimentais e análise dos mesmos por parte do Dono de Obra, conclui-se que os três obtiveram aprovação em termos de conforme pedonal e mistura fechada, o que permite uma fácil limpeza da superfície, não permitindo assim a infiltração de resíduos. Esta decisão por parte do Dono de Obra foi baseada na observação visual e sentido tátil do pavimento da zona de teste.

Em termos de tonalidade o Dono de Obra pretende uma mistura betuminosa semelhante ao trecho experimental TE 3 (AC reg Recofal S-50 (AB) (G7 + M7), mas com uma tonalidade ainda mais escura.

Assim sendo foi proposta a elaboração de um estudo laboratorial de uma mistura betuminosa composta por incorporação de uma percentagem superior de agregado quartzito 0/6,3 (na proporção 75%) e alterar o pó de pedra calcário 0/4 por pó de pedra basáltico (na proporção 25%) com o intuito de escurecer a mistura betuminosa.

4. ESTUDO LABORATORIAL

4.1. Introdução

O presente estudo laboratorial tem como finalidade, determinar a composição da mistura betuminosa colorida a quente, com características de regularização “AC 4 Reg (AB)”, a aplicar na requalificação do Recinto do Santuário de Fátima.

O estudo apresentado consta essencialmente na determinação das propriedades geométricas e físicas dos agregados e o estudo da formulação da mistura, cumprindo assim todas as prescrições estabelecidas no caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP).

4.2. Materiais Constituintes

4.2.1 Ligante

O ligante betuminoso a empregar no fabrico da mistura betuminosa colorida a quente, com características de regularização é o Recofal S-50, fornecido pela empresa Repsol Lubrificantes Y Especialidades, S.A..

O ligante sintético e translúcido facilmente pigmentável Recofal S-50 é um ligante inovador para a coloração de pavimentos betuminosos, permitindo também realçar a cor natural do agregado que compõe a mistura.

Foi assim utilizado dado que oferece confiança e garantia com base na experiência obtida no fabrico de misturas betuminosas coloridas a quente.

Oferece uma durabilidade idêntica ao ligante convencional com o inconveniente que possui uma temperatura de amolecimento de 40°C, inferior ao convencional.

Dada a sua principal característica, a de obter a cor natural dos agregados possui um acréscimo de preço em relação a um ligante convencional de cerca de 500%.

As suas propriedades e características técnicas são as constantes da ficha técnica do produto, no Anexo 1.

4.2.2 Agregados

Os agregados utilizados para a realização deste estudo laboratorial, foram criteriosamente selecionados tendo como referência as especificações constantes no caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP).

No quadro seguinte são apresentados os agregados utilizados na mistura betuminosa colorida a quente, fazendo referência à sua natureza e origem.

Designação	Natureza	Fornecedor	Origem
Agregado 0/6,3	Quartzito	Construções JJR & Filhos, S.A.	Mouriscas
Pó de basalto RM (0/4)	Basalto	Lena Agregados – Comércio de Agregados, S.A.	Rio Maior

Quadro 6 – Natureza e origem dos agregados

De seguida apresenta-se os valores limites para a mistura AC4 reg (AB) impostos no caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP), para os ensaios de qualidade dos finos, massa volúmica das partículas e absorção de água.

Requisitos / propriedades	Referência normativa	Unidade	Mistura AC4 reg (AB)
Qualidade dos Finos	NP EN 933-9	g/Kg	MBr10
Massa Volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	≤ 2

Quadro 7 – Valores limites do Caderno de Encargos tipo (IP)

4.2.3 Composição e Granulometria

A determinação da composição granulométrica da mistura dos agregados teve como base o fuso granulométrico indicado no caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP).

As percentagens propostas para cada uma das frações de agregados que compõem a mistura betuminosa, são as indicadas no quadro 8 seguinte:

Materiais	Percentagens
Agregado Quartzito (0/6,3)	75 %
Pó de Basalto (0/4)	25 %

Quadro 8 – Percentagem das frações

Os valores limites da curva granulométrica exigidos no caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP), para as percentagens de agregados indicados no quadro 8, são os indicados no quadro seguinte:

Peneiros Série Base + Série 2 (mm)	Percentagem acumulada do material passado
	Limites do caderno de encargos
6,3	100
4	90-100
2	70-85
0,5	30-45
0,125	9-16
0,063	6-10

Quadro 9 – Percentagem acumulada do material passado

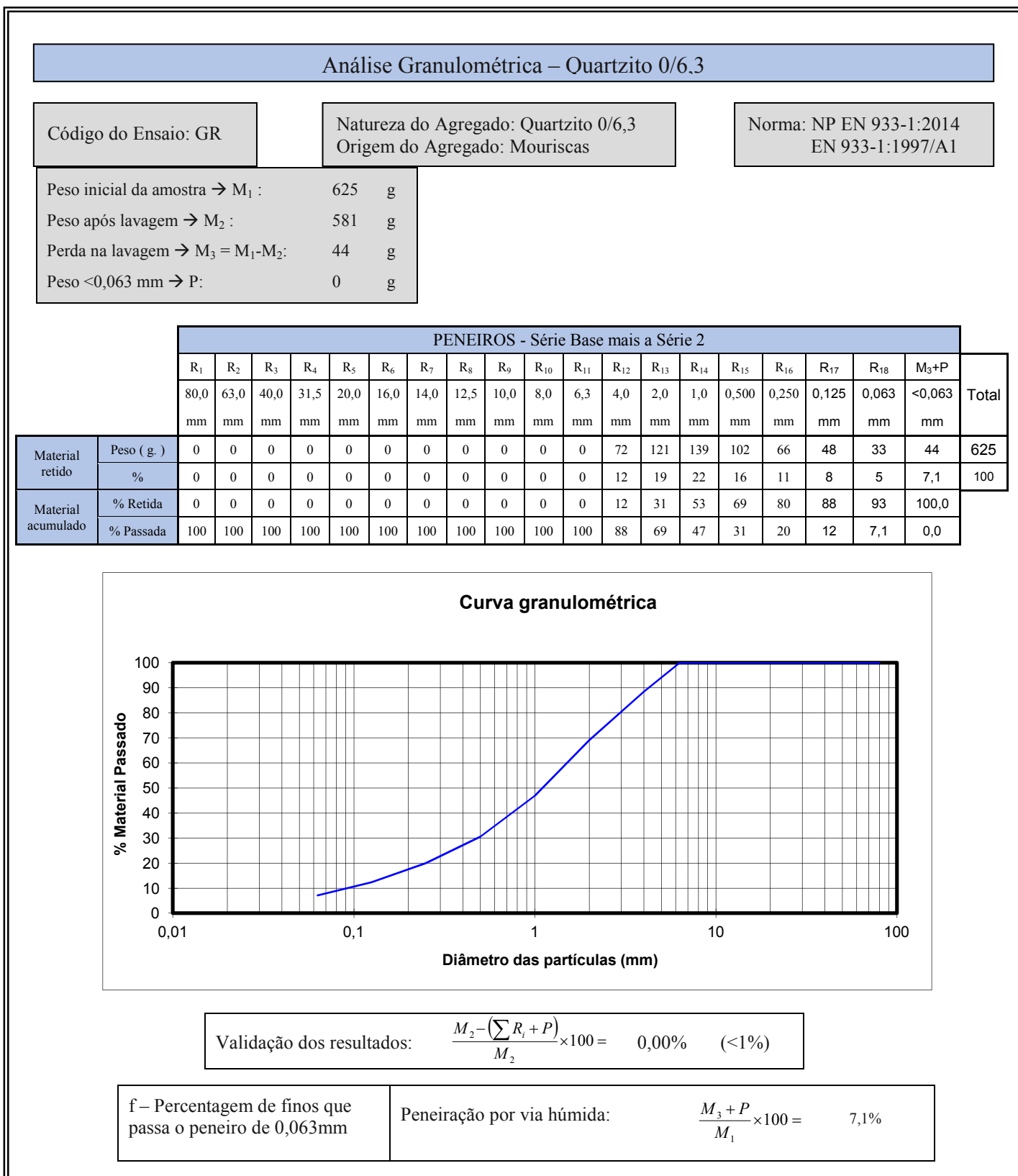
4.3. Análise Granulométrica

O método utilizado para a análise granulométrica dos dois agregados alvos de estudo, “Quartzito 0/6,3” e “Pó de Basalto 0/4”, e teve como método de referência a norma NP EN 933-1:2014. Este ensaio tem como objetivo determinar a composição granulométrica dos agregados finos.

As especificações fixam limites de granulometria entre os quais deve estar compreendida a composição granulométrica dos agregados a serem utilizados nas misturas betuminosas.

4.3.1 Análise Granulométrica “Quartzito 0/6,3”

A Análise granulométrica do agregado “quartzito 0/6,3”, bem como a determinação de finos que passa no peneiro 0,063mm, encontra-se mencionado na tabela seguinte:



Quadro 10 – Análise Granulométrica Quartzito 0/6,3

Analisando os resultados mencionados no quadro 10, referente à análise granulométrica do agregado fino “Quartzito 0/6,3”, verifica-se que a análise granulométrica se encontra em conformidade e que a percentagem de finos que passa no peneiro 0,063 mm corresponde ao valor de 7,1% do material analisado.

Observando o quadro 9, correspondente aos limites das percentagens de agregados que compõem a mistura betuminosa, verifica-se que caso a mistura betuminosa colorida fosse composta somente pelo agregado “Quartzito 0/6,3”, a percentagem acumulada do material passado no peneiro 4 e no peneiro 2, estão fora dos limites estabelecidos do caderno de encargos. Em relação à percentagem acumulada do material passado no peneiro 6,3; peneiro 0,5; peneiro 0,125 e peneiro 0,063, estes valores estão dentro dos limites estabelecidos pelo caderno de encargos.

4.3.2 Análise Granulométrica “Pó de Basalto 0/4”

A Análise granulométrica do agregado “pó de basalto 0/4”, bem como a determinação de finos que passa no peneiro 0,063 mm, encontra-se mencionado na tabela 5 seguinte.

Analisando os resultados mencionados no quadro 11, seguinte, referente à análise granulométrica do agregado fino “Pó de Basalto 0/4”, verifica-se que a análise se encontra em conformidade e que a percentagem de finos que passa no peneiro 0,063 mm corresponde ao valor de 14,8% do material analisado.

Observando o quadro 9, correspondente aos limites das percentagens de agregados que compõem a mistura betuminosa, verifica-se que se a mistura betuminosa colorida apenas fosse composta pelo agregado “Pó de Basalto 0/4”, a percentagem acumulada do material passado no peneiro 0,125 e peneiro 0,063, estão fora dos limites estabelecidos do caderno de encargos. Em relação à percentagem acumulada do material passado no peneiro 6,3; peneiro 4; peneiro 2 e peneiro 0,5, estes valores estão dentro dos limites estabelecidos pelo caderno de encargos.

Análise Granulométrica – Pó de Basalto 0/4

Código do Ensaio: GR

Natureza do Agregado: Basalto 0/4
Origem do Agregado: Rio Maior

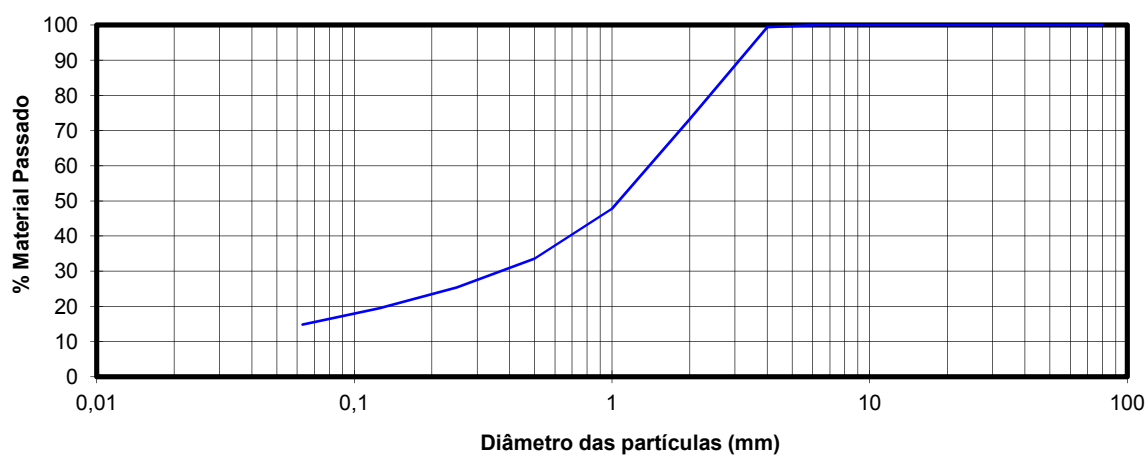
Norma: NP EN 933-1:2014
EN 933-1:1997/A1

Peso inicial da amostra → M_1 : 567 g
 Peso após lavagem → M_2 : 485 g
 Perda na lavagem → $M_3 = M_1 - M_2$: 82 g
 Peso <0,063 mm → P: 2 g

PENEIROS - Série Base mais a Série 2

		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	R ₉	R ₁₀	R ₁₁	R ₁₂	R ₁₃	R ₁₄	R ₁₅	R ₁₆	R ₁₇	R ₁₈	M ₃ +P	Total
		80,0	63,0	40,0	31,5	20,0	16,0	14,0	12,5	10,0	8,0	6,3	4,0	2,0	1,0	0,500	0,250	0,125	0,063	<0,063	
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Material retido	Peso (g.)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	148	144	81	46	34	26	84	567
	%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	26	25	14	8	6	5	14,8	100
Material acumulado	% Retida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	27	52	66	75	81	85	100,0	
	% Passada	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	73	48	34	25	19	14,8	0,0	

Curva granulométrica



Validação dos resultados: $\frac{M_2 - (\sum R_i + P)}{M_2} \times 100 = 0,00\% \quad (<1\%)$

f – Percentagem de finos que passa o peneiro de 0,063mm

Peneiração por via húmida: $\frac{M_3 + P}{M_1} \times 100 = 14,8\%$

Quadro 11 – Análise Granulométrica Pó de Basalto 0/4

4.4. Massa Volúmica e Absorção de Água

O método utilizado para a determinação da massa volúmica e absorção de água dos dois agregados alvos de estudo, “Quartzito 0/6,3” e “Pó de Basalto 0/4”, teve como método de referência a norma NP EN 1097-6:2016, a qual descreve o método para determinação da massa volúmica e da absorção de água das partículas dos agregados.

O método utilizado, atendendo à granulometria dos agregados alvos de estudo, vai ser o método do picnómetro para partículas do agregado que passam no peneiro de 4mm e são retidas no peneiro de 0,063 mm. Relativamente à massa volúmica das partículas são determinados três parâmetros diferentes (massa volúmica das partículas secas em estufa, massa volúmica das partículas saturadas com superfície seca e massa volúmica do material impermeável das partículas).

4.4.1 Massa Volúmica e Absorção de Água “Quartzito 0/6,3”

A determinação da massa volúmica e absorção de água do agregado “quartzito 0/6,3”, encontra-se mencionado no quadro 12.

Determinação da Massa Volúmica e da Absorção de Água – Quartzito 0/6,3			
Código do Ensaio: ρ/WA	Natureza do Agregado: Quartzito 0/6,3 Origem do Agregado: Mouriscas	Norma: NP EN 1097-6:2016	
Agregados entre 0,063mm e 4mm		Temperatura do Ensaio: 25°C	
Número do Ensaio			1
M_1	Peso no ar da amostra saturada com a superfície seca	0,01 g	1029,6
M_2	Peso do picnómetro contendo a amostra saturada + água	0,01 g	2178,80
M_3	Peso do picnómetro com água	0,01 g	1547,00
M_4	Peso da amostra seca	0,01 g	1024,10
$M_5 = M_2 - M_3$	Peso da amostra saturada	0,01 g	631,80
r_w	Massa volúmica da água	0,01 Mg./m ³	0,99970
$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - M_5}$	Massa volúmica aparente	0,01 Mg./m ³	2,60
$\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - M_5}$	Massa volúmica das partículas secas	0,01 Mg./m ³	2,57
$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - M_5}$	Massa volúmica das partículas saturadas com a superfície seca	0,01 Mg./m ³	2,58
$WA_{2,4} = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4}$	Absorção de água	0,01%	0,54

Quadro 12 – Massa Volúmica e Absorção de Água Quartzito 0/6,3

Analisando os resultados mencionados no quadro 12, referente à absorção de água do agregado Quartzito 0/6,3, verifica-se que este tem o valor de 0,54%, inferior ao valor limite definido pelo caderno de encargos para a mistura betuminosa que é $\leq 2\%$.

Em relação a massa volúmica, verifica-se que o agregado Quartzito 0/6,3, possui uma massa volúmica aparente de 2,60 Mg./m³, uma massa volúmica das partículas secas de 2,57 Mg./m³ e uma massa volúmica das partículas saturadas com a superfície seca de 2,58 Mg./m³.

4.4.2 Massa Volúmica e Absorção de Água “Pó de Basalto 0/4”

A determinação da massa volúmica e absorção de água do agregado “pó de basalto 0/4”, encontra-se mencionado no quadro 13.

Determinação da Massa Volúmica e da Absorção de Água – Pó de Basalto 0/4			
Código do Ensaio: ρ/WA	Natureza do Agregado: Basalto 0/4 Origem do Agregado: Rio Maior	Norma: NP EN 1097-6:2016	
Agregados entre 0,063mm e 4mm		Temperatura do Ensaio: 24°C	
Número do Ensaio			1
M_1	Peso no ar da amostra saturada com a superfície seca	0,01 g	549,00
M_2	Peso do picnómetro contendo a amostra saturada + água	0,01 g	1119,00
M_3	Peso do picnómetro com água	0,01 g	757,00
M_4	Peso da amostra seca	0,01 g	546,00
$M_5 = M_2 - M_3$	Peso da amostra saturada	0,01 g	362,00
r_w	Massa volúmica da água	0,01 Mg./m ³	0,9973
$\rho_a = \rho_w \frac{M_4}{M_4 - M_5}$	Massa volúmica aparente	0,01 Mg./m ³	2,96
$\rho_{rd} = \rho_w \frac{M_4}{M_1 - M_5}$	Massa volúmica das partículas secas	0,01 Mg./m ³	2,91
$\rho_{ssd} = \rho_w \frac{M_1}{M_1 - M_5}$	Massa volúmica das partículas saturadas com a superfície seca	0,01 Mg./m ³	2,93
$WA_{24} = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4}$	Absorção de água	0,01%	0,55

Quadro 13 – Massa Volúmica e Absorção de Água Pó de Basalto 0/4

Analisando os resultados mencionados na tabela 7, referente à absorção de água do agregado Pó de Basalto 0/4, verifica-se que este tem o valor de 0,55%, inferior ao valor limite definido pelo caderno de encargos para a mistura betuminosa que é $\leq 2\%$.

Em relação a massa volúmica, verifica-se que o agregado Pó de Basalto 0/4, possui uma massa volúmica aparente de 2,96 Mg./m³, uma massa volúmica das partículas secas de 2,91 Mg./m³ e uma massa volúmica das partículas saturadas com a superfície seca de 2,93 Mg./m³.

4.5 Curva Granulométrica da Mistura

A curva granulométrica da mistura betuminosa colorida, foi efetuada de acordo com a Norma EN 12697-2:2002, que define o procedimento para determinação da granulometria dos agregados que constituem as misturas betuminosas. O ensaio é aplicável aos agregados recuperados após extração do betume em conformidade com a Norma EN 12697-1:2012.

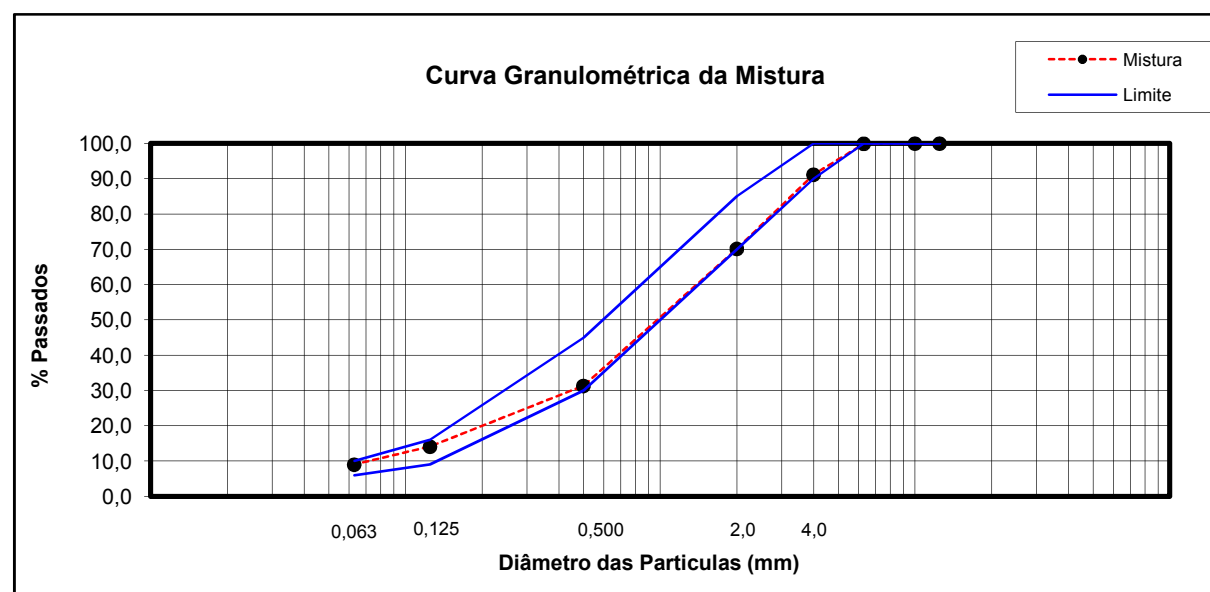
O ensaio consiste na determinação da granulometria dos agregados presentes na mistura betuminosa através de peneiração e pesagem. A granulometria dos agregados, são parâmetros significativos da qualidade da composição de uma mistura betuminosa.

Curva Granulométrica da Mistura “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”

Código do Ensaio: GR

Norma: EN 12697-2: 2002

Peneiros	Pó de Basalto 0/4		Agregado Quartzito 0/6,3		Curva da Mistura	Fuso		
	Série Base+Série 2	Gran.	25%	Gran.		75%	Limite 1	Limite 2
12,5		100,0	25,0	100,0	75,0	100,0	100,0	100,0
10,0		100,0	25,0	100,0	75,0	100,0	100,0	100,0
6,3		100,0	25,0	99,9	75,0	100,0	100,0	100,0
4,0		99,4	24,9	88,4	66,3	91,2	90,0	100,0
2,0		73,3	18,3	69,1	51,8	70,2	70,0	85,0
0,500		33,5	8,4	30,6	22,9	31,3	30,0	45,0
0,125		19,4	4,9	12,3	9,3	14,1	9,0	16,0
0,063		14,8	3,7	7,1	5,3	9,0	6,0	10,0
<0,063								



Quadro 14 – Curva Granulométrica da Mistura Betuminosa Colorida

Analisando a curva granulométrica da mistura betuminosa colorida, mencionado no quadro 14, verifica-se que a curva granulométrica dos agregados que constituem a mistura betuminosa colorida, encontra-se junto ao limite inferior, dentro dos limites estabelecidos pelo caderno de encargos.

4.6 Ensaio “Marshall”

A formulação das misturas betuminosas tem de ser precedida de ensaios que permitam a obtenção do teor (quantidade) de ligante a ser utilizado na mistura, para que a mesma se enquadre dentro de especificações que são definidas no caderno de encargos com a finalidade de evitar desagregação da mistura por falta de ligante, ou superfícies escorregadias e deformáveis por excesso de ligante.

Através do ensaio de “Marshall”, determina-se a quantidade ótima de ligante a ser utilizada no fabrico da mistura betuminosa colorida a quente.

4.6.1 Preparação dos Provetes

A preparação dos provetes foi efetuado através da norma EN 12697-30:2004, que define os métodos para a moldagem de provetes de misturas betuminosas através de compactação por impacto.

Composição dos Provetes “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”							
Código do Ensaio: M				Norma: EN 12697-30: 2004			
		Percentagens de Betume (%)					
		7,0		7,5		8,0	
Materiais	% Parcial	Perc. (0,1%)	Pesos Parciais (g)	Perc. (0,1%)	Pesos Parciais (g)	Perc. (0,1%)	Pesos Parciais (g)
BETUME (Recofal S-50)		7,0%	81	7,5%	86	8,0%	92
AGREGADO 0/6,3	75%	69,7%	802	69,4%	798	69,0%	794
PÓ DE BASALTO	25%	23,2%	267	23,1%	266	23,0%	265
SOMA	100%	100%	1 150	100%	1 150	100%	1 150

Quadro 15 – Composição dos Provetes

O quadro 15, apresenta a composição de três tipos de provetes de mistura betuminosa colorida, indicando os materiais constituintes bem como a percentagem e pesos parciais de cada um. Optou-se por admitir três percentagens diferentes de Betume Recofal S-50, com uma diferença de 0,5%, com o valor de 7,0%, 7,5% e 8,0%, de modo a verificar qual a percentagem ótima de betume a utilizar no fabrico da mistura betuminosa colorida a quente.

4.6.2 Baridade

Para determinar a Baridade dos provetes da mistura betuminosa colorida a quente, procedeu-se em conformidade com a norma EN 12697-6:2003, que define os métodos aplicáveis a provetes compactados em laboratório.

Baridade "AC 4 reg Recofal S-50 (AB)"									
Código do Ensaio: ρ_{bdry}					Norma: EN 12697-6: 2003				
% Betume	Provetes	Diâmetro médio D (mm)	Altura média h (mm)	Temp. (°C)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (Kg/m ³)
						no ar (m_1)	na água (m_2)	Sup. seca (m_3)	
7,0%	1	101,0	64,0	25	997,1	1152,9	649,5	1157,5	2263
	2	101,0	64,0	25	997,1	1148,6	650,5	1154,2	2274
	3	101,0	64,0	25	997,1	1151,7	648,5	1158,6	2251
	4	101,0	64,0	25	997,1	1152,9	648,9	1158,1	2258
Valor médio:									2261
7,5%	1	101,0	64,0	25	997,1	1150,0	651,7	1155,3	2277
	2	101,0	64,0	25	997,1	1153,3	649,4	1157,3	2264
	3	101,0	64,0	25	997,1	1147,9	647,4	1152,1	2268
	4	101,0	64,0	25	997,1	1147,5	648,4	1151,8	2273
Valor médio:									2270
8,0%	1	101,0	64,0	25	997,1	1149,4	645,5	1154,9	2250
	2	101,0	64,0	25	997,1	1153,1	649,3	1158,3	2259
	3	101,0	64,0	25	997,1	1149,0	643,8	1154,0	2246
	4	101,0	64,0	25	997,1	1147,8	647,8	1151,9	2270
Valor médio:									2256

Quadro 16 – Baridade

A Baridade de um provete betuminoso compactado é determinada a partir da massa do provete e do seu volume. No quadro 16, estão mencionados os valores dos ensaios realizados para calcular a baridade dos quatro provetes realizados para cada tipo de mistura betuminosa colorida.

4.6.3 Peso Específico do Ligante

Para determinar o Peso Específico do Ligante (Betume Recofal S-50), procedeu-se em conformidade com as especificações do LNEC E 35 - 1956.

O Peso específico permite estabelecer a relação entre o peso e o volume, de interesse para o cálculo das quantidades a utilizar no fabrico da mistura betuminosa colorida.

Peso Específico “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”			
Código do Ensaio: PELB		Tipo de Betume: Recofal S-50 Fornecedor: Repsol Betumes	
		Especificações: LNEC E 35 - 1956	
Ensaio n.º		1	2
P_1	Peso do picnómetro vazio (g)	44,48	44,48
P_2	Peso do picnómetro cheio de água destilada (g)	97,53	97,53
P_3	Peso do picnómetro com ligante (g)	61,30	67,50
P_4	Peso do picnómetro com ligante e água (g)	98,12	98,29
$V_p = P_2 - P_1$	Volume do picnómetro (g)	53,05	53,05
$P_b = P_3 - P_1$	Peso do ligante (g)	16,82	23,02
$V'_p = P_4 - P_3$	Volume do picnómetro menos o volume ligante (g)	36,82	30,79
$V_b = V_p - V'_p$	Volume do ligante (g)	16,23	22,26
$G = P_b / V_b$	Peso específico de ligante viscoso (g)	1,04	1,03
		Peso Específico do Betume (Gb) $\gamma = 1,035 \text{ g/cm}^3$	

Quadro 17 – Peso Específico do Ligante

Para a determinação do peso específico do ligante Recofal S-50, procedeu-se à realização de dois ensaios, cujos valores estão mencionados no quadro 17. Após finalizar os dois ensaios de acordo com as especificações do LNEC E 35 – 1956, através da determinação com o Picnómetro, procedeu-se à média do peso específico de ligante viscoso dos dois

ensaios e chegou-se ao valor médio do peso específico do ligante betume Recofal S-50 de 1,035 g/cm³.

4.6.4 Baridade Máxima Teórica

A baridade máxima teórica define-se como a massa por unidade de volume de uma mistura, sem vazios, a uma temperatura conhecida. A norma EN 12697-5:2002 descreve três métodos para determinar a baridade máxima teórica de uma mistura betuminosa: um método volumétrico (A), um método hidrostático (B) e um método matemático (C).

Para determinar a baridade máxima teórica das misturas em estudo, utilizou-se o método volumétrico.

4.6.4.1 Baridade Máxima Teórica (7,0%)

No quadro 18, está mencionado os valores de cálculo da baridade máxima teórica da mistura betuminosa colorida com uma percentagem de ligante de 7,0%.

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”		
Código do Ensaio: ρ_{mv}		Tipo de Betume: Recofal S-50 % de Ligante adotada: 7,0%
		Norma: EN 12697-5:2002
Ensaio n.º		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,7
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.451,6
m_3	Picnómetro + Água + Amostra (g)	10.975,9
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w}\right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2.423

Quadro 18 – Baridade Máxima Teórica (7,0%)

Após conclusão do ensaio da baridade máxima teórica pelo método volumétrico, verifica-se através do quadro 18, que a baridade máxima teórica da mistura betuminosa colorida, com uma percentagem de ligante de 7,0%, corresponde ao valor de 2.423 Kg/m³.

4.6.4.2 Baridade Máxima Teórica (7,5%)

No quadro 19, está mencionado os valores de cálculo da baridade máxima teórica da mistura betuminosa colorida com uma percentagem de ligante de 7,5%.

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”		
Código do Ensaio: ρ_{mv}		Tipo de Betume: Recofal S-50 % de Ligante adotada: 7,5%
		Norma: EN 12697-5:2002
Ensaio n.º		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,7
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.456,4
m_3	Picnómetro + Água + Amostra (g)	10.975,0
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2.407

Quadro 19 – Baridade Máxima Teórica (7,5%)

Após conclusão do ensaio da baridade máxima teórica pelo método volumétrico, verifica-se através do quadro 19, que a baridade máxima teórica da mistura betuminosa colorida, com uma percentagem de ligante de 7,5%, corresponde ao valor de 2.407 Kg/m³.

4.6.4.3 Baridade Máxima Teórica (8,0%)

No quadro 20, está mencionado os valores de cálculo da baridade máxima teórica da mistura betuminosa colorida com uma percentagem de ligante de 8,0%.

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”		
Código do Ensaio: ρ_{mv}		Tipo de Betume: Recofal S-50 % de Ligante adotada: 8,0%
		Norma: EN 12697-5:2002
Ensaio n.º		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,7
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.446,7
m_3	Picnómetro + Água + Amostra (g)	10.965,5
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w}\right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2.391

Quadro 20 – Baridade Máxima Teórica (8,0%)

Após conclusão do ensaio da baridade máxima teórica pelo método volumétrico, verifica-se através dos resultados do quadro 20, que a baridade máxima teórica da mistura betuminosa colorida, com uma percentagem de ligante de 8,0%, corresponde ao valor de 2.391 Kg/m³.

Analisando os quadros 18, 19 e 20, verifica-se que aumentando a percentagem de ligante, o valor da baridade máxima teórica diminui ligeiramente.

4.6.4.4 Características dos Provetes

No quadro 21, está mencionado os valores da baridade, baridade máxima teórica, porosidade, teor volumétrico em betume, porosidade dos provetes sem betume e grau de saturação em betume dos três provetes anteriormente ensaiados referente aos provetes das misturas betuminosas coloridas ensaiadas.

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”				
Código do Ensaio: M		Especificação: ASTM D 1559 - 1989		
Percentagem de Betume		7,0%	7,5%	8,0%
bp	Baridade dos provetes (g/cm ³)	2261	2270	2256
$bt = \frac{100}{\sum \frac{P}{G}}$	Baridade máxima teórica (g/cm ³)	2423	2407	2391
$np = \frac{bt - bp}{bt} * 100$	Porosidade dos provetes (%)	6,7	5,7	5,6
$cb = bp * \frac{Pb}{Gb}$	Teor volumétrico em betume (%)	15,3	16,5	17,4
$n1 = np + cb$	Porosidade dos provetes sem betume (%)	22,0	22,2	23,0
$Sb = \frac{cb}{n1}$	Grau de saturação em betume (%)	69,5	74,3	75,7

Quadro 21 – Características dos Provetes

4.6.5 Força de Rotura e Deformação dos Provetes

O ensaio de Marshall permite determinar os valores de estabilidade, deformação e quociente Marshall das misturas betuminosas.

Os provetes cilíndricos das misturas betuminosas coloridas, após compactadas, são colocados numa prensa e sujeitos a uma carga, determinando assim a estabilidade, a deformação e o quociente Marshall, sendo os valores registados juntamente com os valores da baridade dos provetes.

Força de Rotura e Deformação dos Provetes “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”

Código do Ensaio: M

Norma: EN 12697 – 34:2004

% de Betume	Nº prov.	h média h (mm)	Baridade ρ_{bssd} (Kg/m ³)	Estabilidade (S)			Deform. F		Quociente Marshall (kN/mm)
				Medida (kN)	Corrig. (kN)	Média (kN)	Medida (mm)	Média (mm)	
7,0%	1	64	2263	10,5	10,5	9,8	2,7	2,5	3,9
	2	64	2274	9,2	9,2		2,3		4,0
	3	64	2251	9,6	9,6		2,5		3,8
	4	64	2258	10,0	10,0		2,4		4,2
7,5%	1	64	2277	10,9	10,9	10,7	2,9	2,8	3,7
	2	64	2264	10,6	10,6		2,8		3,8
	3	64	2268	10,8	10,8		2,7		4,0
	4	64	2273	10,6	10,6		2,9		3,6
8,0%	1	64	2250	9,1	9,1	9,0	3,0	3,0	3,0
	2	64	2259	9,0	9,0		2,7		3,3
	3	64	2246	8,9	8,9		2,9		3,1
	4	64	2270	9,1	9,1		3,3		2,8

Quadro 22 – Força de Rotura e Deformação dos Provetes

Para cada tipo de provete de mistura betuminosa colorida, com percentagens diferentes de ligante, com intervalo de 0,5%, (7,0%, 7,5% e 8,0% de ligante) foram produzidos e ensaiados 4 provetes de cada percentagem de ligante, de modo a obter os resultados fundamentais, conforme mencionado no quadro 22.

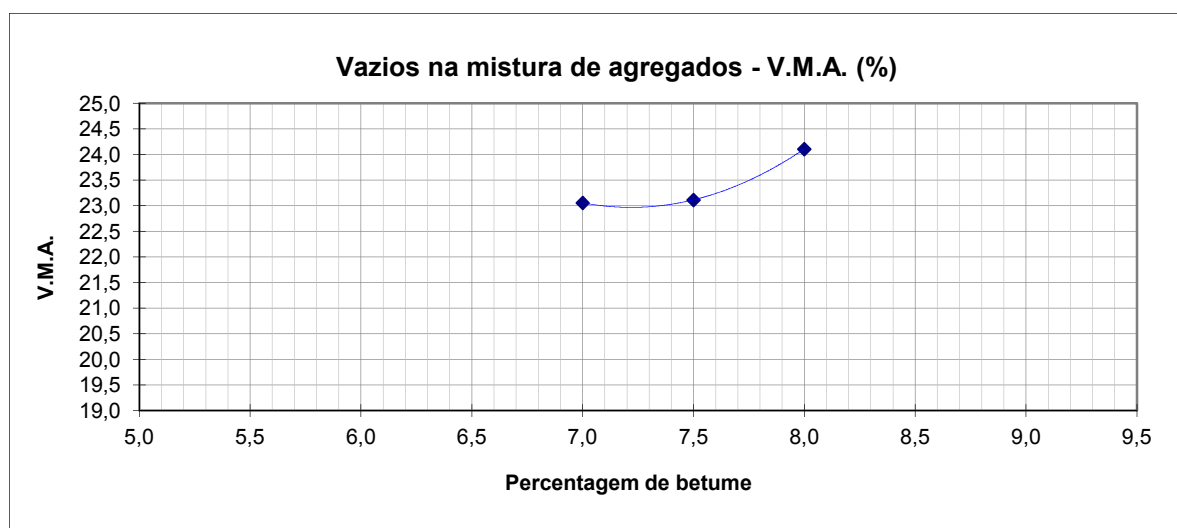
4.6.6 Composição Volumétrica das Misturas

No quadro 23 seguinte, está mencionado o quadro resumo da composição volumétrica da mistura betuminosa colorida “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”, com as diversas percentagens de ligante anteriormente definidas.

O gráfico exposto no quadro 23, ilustra a relação do índice de vazios na mistura de agregados para as três percentagens de ligante adotado.

Composição Volumétrica “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”

% de betume	7,0%	7,5%	8,0%
Baridade Máxima teórica (g/cm ³)	2423	2407	2391
Baridade da mistura compactada (g/cm ³)	2261	2270	2256
Porosidade V _m (%)	6,7	5,7	5,6
Baridade do betume (g/cm ³)	1035	1035	1035
Índice de vazios da mistura (%)	23,1	23,1	24,1



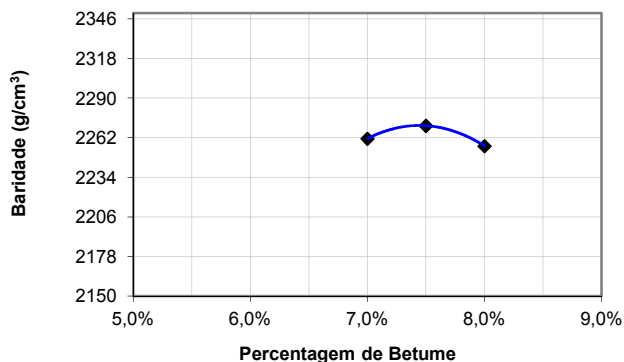
Quadro 23 – Composição Volumétrica das Misturas

4.6.7 Curva Característica da Mistura

Os gráficos expostos no quadro 24, ilustram a relação da baridade, porosidade, grau saturação, carga de rotura, deformação e vazios na mistura de agregados para as três percentagens de ligante adotado.

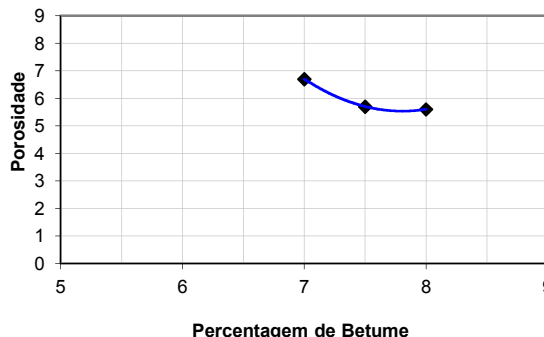
Curva característica da mistura “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”

Relação: Baridade (g/cm³) - % de betume



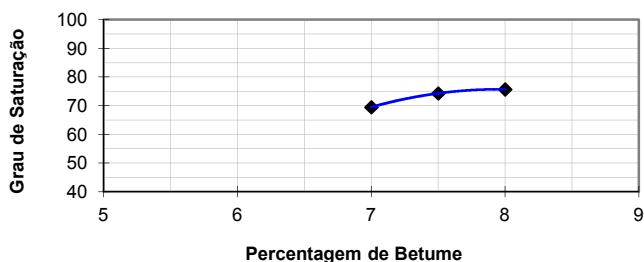
% b = 7,4%

Relação: Porosidade(%) - % de betume

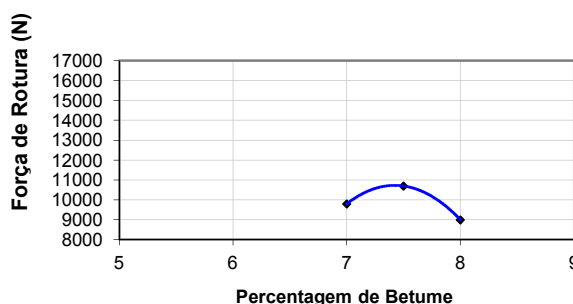


% b = 7,8%

Relação: Grau de saturação(%) - % de betume

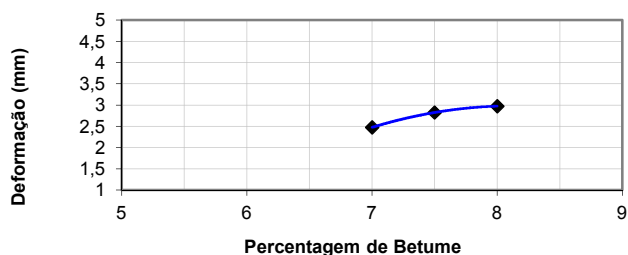


Relação: Carga de Rotura (N) - % de betume

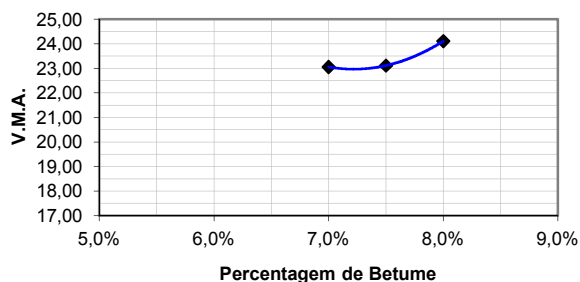


% b = 7,4%

Relação: Deformação (mm) - % de betume



Relação: VMA (%) - % de betume



Percentagem ótima de betume = 7,5%

Quadro 24 – Curva característica da mistura betuminosa colorida

A percentagem “ótima” de betume será a resultante da média dos valores das percentagens de betume que conduzem ao valor máximo da baridade da mistura betuminosa compactada (EN 12697-6); ao valor médio dos limites da porosidade (EN 12697-8), ao

valor máximo correspondente à estabilidade Marshall (EN 12697-34) e ao valor médio dos limites da deformação Marshall, para a mistura betuminosa colorida em causa.

Para o presente estudo, a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50.

4.6.8 Azul de Metileno

O ensaio de Azul de Metileno destina-se a avaliar os agregados finos das misturas betuminosas e de agregados de granulometria extensa.

Para o presente estudo laboratorial da mistura betuminosa colorida, procedeu-se à determinação do valor de azul de metileno da fração 0/0,125 mm, de acordo com os cálculos efetuados e mencionados no quadro 25.

Azul de Metileno (MB _F) “AC 4 reg Recofal S-50 (AB)”		
Código do Ensaio: MB _F		Norma: NP EN 933-9:2011
Número do ensaio		1
M ₁	Massa inicial do provete (g)	30,0
V'	Volume de solução absorvida pela caulinite (ml)	0
V ₁	Volume total de solução de tintura adicionado (ml)	5
$MB_F = \frac{V_1 - V'}{M_1} \times 10$	Valor de Azul de Metileno, expresso em gramas de tintura por quilograma da fração 0/0125 mm	1,67

Quadro 25 – Azul de Metileno

4.6.9 Considerações Finais

Após conclusão do estudo laboratorial da mistura betuminosa colorida “AC 4 Reg “Recofal S-50” (AB), a aplicar na empreitada “Requalificar o Recinto do Santuário de Fátima”, conclui-se que os valores obtidos na curva granulométrica, através das percentagens dos agregados adotados, cumprem com os limites exigidos pelo caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP), conforme se verifica no quadro 26 seguinte:

Peneiros Série Base + Série 2 (mm)	Percentagem acumulada do material passado	
	Limites do caderno de encargos	Valores atingidos
6.3	100	100,0
4	90-100	91,2
2	70-85	70,2
0,5	30-45	31,3
0,125	9-16	14,1
0,063	6-10	9,0

Quadro 26 – Percentagem acumulada do material passado da mistura

No quadro 27, são apresentados os valores limites impostos pelo caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP), para a qualidade dos finos, massa volúmica das partículas e absorção de água. Verifica-se que os valores obtidos no estudo laboratorial estão em conformidade com as normas em vigor.

Requisitos / propriedades	Referência normativa	Unidade	Mistura AC4 reg (AB)	Valor Obtido Agregado 0/6,3	Valor Obtido Pó 0/4
Qualidade dos Finos	NP EN 933-9	g/Kg	MB _r 10	1,67	
Massa Volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar	2,57	2,91
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	≤ 2	0,54	0,55

Quadro 27 – Valores limites pelo caderno de encargos

Concluiu-se no presente estudo laboratorial, que a percentagem “ótima” de betume, resultante da média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50.

No quadro 28 seguinte, apresenta-se o resumo das conclusões obtidas, referenciando os limites impostos pelo caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP).

Requisitos/ Propriedades		Ref. ^a Normativa	Condições específicas de ensaio	Uni.	AC 4 reg (AB)	Valores obtidos
Características Marshall	Estabilidade, max.	EN 12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 50 Pancadas	KN	S _{max} 15	10,7
	Estabilidade, min.			KN	S _{min} 7,5	
	Deformação, max.			mm	F5	3
	Deformação min.			mm	F3	
	Quociente Marshall			KN/mm	Qmin2	4
VMA, min		EN 12697-8	Calculada com base na baridade máxima teórica, determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	VMamin16	23,1
Porosidade, Vm		EN 12697-8	Calculada com base na baridade máxima teórica, determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	Vmin3,0- Vmáx6	5,7
% de ligante, min.		-	-	%	B _{min} 5,0	7,5

Quadro 28 – Caraterísticas da mistura

Conclui-se que o estudo laboratorial cumpre com os limites impostos pelas referências normativas em vigor e pelo caderno de encargos tipo da Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP).

4.6.10 Ficha Técnica (Estudo Laboratorial)

A ficha técnica da tabela 4, elaborada após conclusão do estudo laboratorial, evidencia essencialmente o tipo de agregado utilizado, composto por 25% de pó de basalto, 75% de agregado quartzito, bem como a sua granulometria. Esta mistura betuminosa possui uma percentagem de betume Recofal S-50 de 7,5%, obtendo assim a tonalidade pretendida pelo Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima, tonalidade cinza escuro.

1. IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO:

AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)

2. DESCRIÇÃO:

Mistura betuminosa a quente com características de Argamassa Betuminosa, fabricada com betume sintético.

Tipo de mistura:

A mistura do tipo AC 4 reg ligante (AB), é composta por uma curva granulométrica contínua, para aplicação em camadas com pouca espessura e é uma mistura fechada, de modo a facilitar a manutenção, já que não permite grande infiltração de resíduos e facilita a limpeza da superfície.

Utilização prevista do produto:

Destina-se à aplicação em pavimentos onde o aspeto visual é privilegiado, realçando a cor natural dos agregados, permitindo o equilíbrio e harmonia com o meio envolvente.

3. COMPOSIÇÃO:

Ligante:

Trata-se de um ligante sintético, sem resinas, resistente a radiações UV, translúcido e modificado com polímeros, com grande poder de adesividade. É um ligante bastante evoluído tecnicamente, pelo que se consegue um elevado grau de transparência, sendo assim aquele que melhor conserva a cor natural dos agregados. O uso deste ligante numa mistura com agregados permite obter um pavimento elástico e confortável.

Agregados:

Os agregados a incorporar na mistura são agregados de alta qualidade, provenientes de explorações da região, resultantes da britagem de rochas sãs, homogêneos na cor e na forma.

4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

CARACTERÍSTICAS	VALORES		
	Designação	Percentagem	Tipo
Composição	Pó de Basalto 0/4	25%	Basalto Quartzito Recofal S-50
	Agregado 0/6.3	75%	
	Betume	7,5%	
Granulometria		Peneiro (mm)	Valores típicos
		10.0	100
		6.3	100
		4.0	91,2
		2.0	70,2
		0.500	31,3
		0.125	14,1
	0.063	9,0	
Temperatura da mistura	150°C a 190°C		

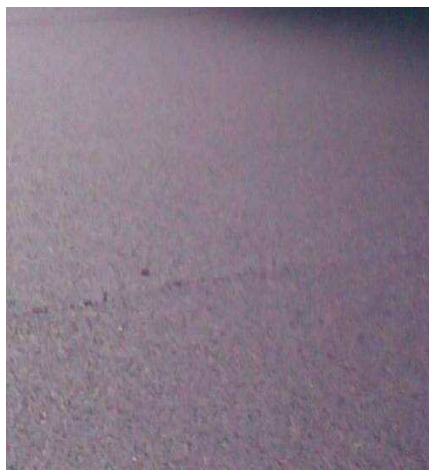


Tabela 4 – Ficha Técnica AC4 reg Recofal S-50 (AB) (Estudo Laboratorial)

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

5. TRECHO EXPERIMENTAL (Final)

5.1. Introdução

Após validação dos pressupostos impostos pelo Dono de Obra para a mistura betuminosa colorida, através dos resultados laboratoriais, foi efetuada uma componente deste relatório de estágio relativo à produção da mistura betuminosa colorida em central de misturas betuminosas e sua aplicação em trecho experimental.

O fabrico da mistura betuminosa colorida foi efetuado pela central de produção de marca INTRAME modelo RM-120, do tipo descontínua, instalada em Casal do Gato – Giesteira – Fátima, com uma capacidade de produção máxima de 140 toneladas por hora.

O trecho experimental final realizou-se no Recinto do Santuário de Fátima, no dia 15 de Novembro de 2016, numa extensão de 78 m por 5 m de largura. Devido aos condicionalismos do Santuário de Fátima (horário de orações e missas), o trecho experimental foi atempadamente planeado e realizado entre as 9:30 e as 11:00.



Figura 7 – Trecho experimental final

5.2. Considerações Finais

O trecho experimental foi realizado na parte da manhã e por volta das 16:30 do mesmo dia, o Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima aprovou a mistura betuminosa colorida AC 4 reg Recofal S-50 (AB), quer em termos de conforto pedonal, tonalidade pretendida e mistura fechada que permite uma fácil limpeza da superfície, não permitindo assim a infiltração e prendimento de resíduos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

6. Controlo de Qualidade

6.1. Introdução

Após validação e aprovação do trecho experimental final, pelo Departamento de Engenharia Civil do Santuário de Fátima, é pretensão do Dono de Obra o início e conclusão da empreitada com a maior brevidade possível, dada a proximidade do evento do “Centenário das Aparições de Fátima” que se realiza no dia 13 de maio de 2017, no Recinto do Santuário.

Sendo que o maior condicionalismo existente para a realização da empreitada prende-se pela receção e armazenamento do Betume Recofal S-50 (o fornecedor Repsol fabrica este betume em Espanha e para encomendas de grandes quantidades, tem de ser encomendado e agendado com a devida antecedência), foi agendado uma reunião com o comercial de betumes da Repsol, onde ficou compromissado e escalonado a quantidade de betume Recofal S- 50 necessário, bem como a sua previsão de entrega. O transporte de betume de Espanha para Portugal ficou da responsabilidade da Repsol, sendo a sua entrega efetuada através de camiões cisterna próprios (devidamente limpos) para este tipo de betume, com capacidade de 25 toneladas, equipados com sistema de aquecimento através de serpentinas com aquecimento elétrico que garante o seu transporte e armazenamento a temperatura variável entre os 120° e os 140°C.

O fabrico de misturas betuminosas coloridas possui as características mecânicas das misturas betuminosas similares fabricadas com betumes convencionais, tendo como especial atenção a não contaminação do betume translúcido.

Para evitar contaminação do betume translúcido Recofal S-50 com o betume convencional, sendo que a empresa Repsol Betumes, apenas dispõem de dois camiões cisterna com as características necessárias ao transporte e armazenamento deste produto na Península Ibérica, foi compromissado entre a empresa Construções JJR & Filhos, S.A. e Repsol Betumes, a entrega do produto na central de misturas betuminosas sito em Casal do Gato – Giesteira – Fátima através dos camiões cisterna e estes ficam a servir de armazenamento até estarem totalmente vazios (alterando o circuito de abastecimento de betume da central, através de uma tubagem independente de encaminhamento do ligante sintético do camião cisterna para o depósito-balança e misturador central da central de misturas betuminosas, de modo a pesar e adicionar o ligante na mistura, evitando assim a sua contaminação).

Dada a proximidade da central de produção de misturas betuminosas ao Recinto do Santuário de Fátima (5,4 km de distância em que os camiões demoram cerca de catorze minutos desde a sua carga, colocar o toldo para abafar a mistura e transporte até ao local de obra), o tempo de transporte não se mostrou relevante na perda de temperatura de transporte das misturas betuminosas coloridas para a empreitada.

Os camiões de transporte de misturas betuminosas, bem como a espalhadora e cilindro vibro compactador, foram devidamente submetidos a limpeza profunda de modo a evitar a

contaminação das misturas betuminosas coloridas com restos que possam estar acumulados nos equipamentos em partes menos visíveis com misturas betuminosas convencionais.

Após um imprevisto de transporte na entrega da primeira de ligante (um acidente rodoviário) a carga chegou com um dia de atraso e iniciou-se os trabalhos de pavimentação com mistura betuminosa colorida no Recinto do Santuário de Fátima, somente no dia 16 de dezembro de 2016, tendo o seu término a 19 de janeiro de 2017.

Devido aos condicionalismos do Santuário de Fátima (horário de orações e missas), tal como já tinha acontecido na realização do trecho experimental, o Santuário de Fátima definiu que os trabalhos de Requalificação do Pavimento do Santuário de Fátima, apenas podem decorrer durante a semana entre as 08:00 e as 18:00, com a paralisação entre as 12:00 e as 14:00.

No período compreendido entre 16 de dezembro de 2016 e 19 de janeiro de 2017, decorreram os trabalhos de pavimentação, tendo sido recolhidas sete amostras de mistura betuminosa colorida para controlo de qualidade. De salientar que devido à aproximação do Natal e diversas festividades que se realizam no Recinto do Santuário de Fátima, o Dono de Obra solicitou que os trabalhos fossem interrompidos no período de 23 de dezembro de 2016 a 9 de janeiro de 2017.

6.2. Controlo de Qualidade

O controlo de qualidade das sete amostras de mistura betuminosa colorida, recolhidas no Recinto do Santuário de Fátima, no decorrer do estágio, foram ensaiadas no laboratório da Empresa Construções JJR & Filhos, S.A., sito em Alvaiázere, que se encontra equipado com equipamentos sujeito a verificações e calibrações periódicas de acordo com as normas em vigor.

6.2.1 Relatório de Amostragem da Amostra N.º 1

No quadro 29 seguinte, está descrito o relatório de amostragem N.º 1, recolhida no Recinto do Santuário de Fátima no dia 16 de dezembro de 2016 às 14:24. Durante o processo de recolha da amostra, procedeu-se à recolha da temperatura da mistura, que corresponde a 170,0°C.

Relatório de Amostragem N.º 1 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data da Colheita: 16-12-2016

Norma ou especificação: NP EN 932-1:2002

Descrição da Mistura

Tipo de Mistura	AC 4 reg Recofal S-50 (AB)
Composição da Mistura	25% Pó de Basalto 0/4 75% Agregado Quartzito 0/6,3 7,5% Betume Recofal S-50
Natureza do Lote	Central Betuminosa Construções JJR & Filhos, S.A. (Fátima)
Identificação do Lote	Etiqueta de Amostragem 1

Descrição do Método de Amostragem

Hora	14:24h
Condições Atmosféricas	Sol
Localização	Recinto do Santuário de Fátima
Temperatura da Mistura	170,0°C
Equipamento Utilizado	Pá
Método de Redução da Amostra	Esquartelamento

Fotografia do trecho de recolha de Amostragem



Quadro 29 – Relatório de Amostragem N.º 1

6.2.2 Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 1

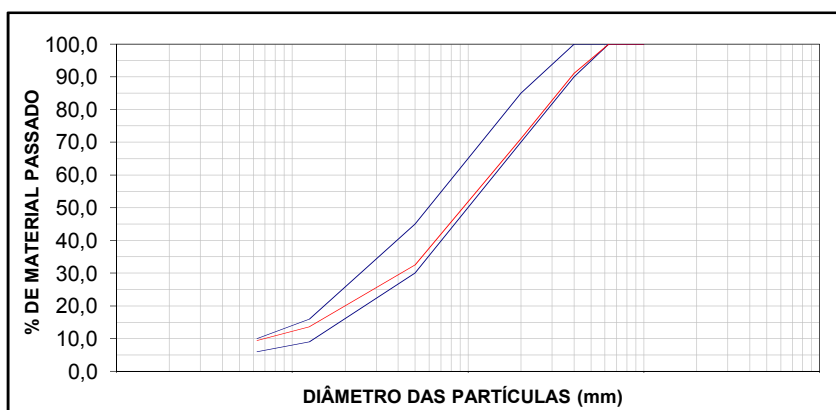
Percentagem de Betume Amostra N.º 1 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data Ensaio: 16-12-2016

Norma: NP EN 933-1; EN 12697-6; EN 12697-8; EN 12697-34; EN 12697-39

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso			
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
8	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
4	58	8,9	91,1	8,9	90,0	100,0		
Nº pancadas	50	2	130	20,0	71,1	28,9	70,0	85,0
Temperatura compactação	165 °C	0,5	251	38,7	32,5	67,5	30,0	45,0
		0,125	123	18,8	13,6	86,4	9,0	16,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)		0,063	28	4,2	9,4	90,6	6,0	10,0
		< 0,063	61	9,4	0,0	100,0		
2432	Total	650	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	62	998,3	1152,7	655,1	1155,2	2301	5,4	21,8	75,3		9,5	2,9		3,3
2	62	998,3	1153,9	656,8	1157,0	2303	5,3	21,8	75,6		9,8	2,8		3,5
3	61	998,3	1149,9	656,4	1153,5	2309	5,0	21,6	76,6		10,4	3,1		3,4
4	62	998,3	1147,1	655,0	1150,5	2311	5,0	21,5	76,8		10,1	2,9		3,5
Procedimento	B	Temp.	20,0 °C	Médias	2306	5,2	21,7	76,1			10,0	2,9		3,4



Pesos (g)		
Tara	W_t	2 490,8 g
Tara+Amostra	W_{t+s}	3 192,5 g
Tara+Agregado	W_{t+a}	3 140,6 g
Amostra	W_s	701,7 g
Agregado	W_a	649,8 g
Betume	W_{loss}	51,9 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,4%
Baridade betume	1035
Rel. ponderal filler/betume	1,27

Quadro 30 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 1

Analisando o quadro 30, com os resultados referentes à análise granulométrica e percentagem de betume da amostra n.º 1, verifica-se que relativamente à análise granulométrica a percentagem de material acumulado passado nos peneiros encontra-se dentro dos limites definidos. Em relação à percentagem de betume, o estudo laboratorial demonstrou que a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50. O valor da percentagem de betume obtido na amostra n.º 1 é de 7,4%, que se considera um valor aceitável.

6.2.3 Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 1


O valor da baridade máxima teórica, de acordo com os cálculos efetuados no quadro 31, corresponde ao valor de 2432 (kg/m³), sendo este valor próximo do valor calculado no estudo laboratorial, que corresponde ao valor de 2407 (kg/m³).

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico Amostra N.º 1 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"		
Data Ensaio: 16-12-2016	% de Betume adoptada: 7,4%	Norma: EN 12697-5
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.094,0
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.567,5
m_3	Picnómetro + água + Amostra (g)	11.046,2
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2432

Quadro 31 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 1

6.2.4 Relatório de Amostragem da Amostra N.º 2

No quadro 32 seguinte, está descrito o relatório de amostragem N.º 2, recolhida no Recinto do Santuário de Fátima no dia 20 de dezembro de 2016 às 14:00. No processo de recolha da amostra, procedeu-se à recolha da temperatura da mistura, que corresponde a 168,0°C.

Relatório de Amostragem N.º 2 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"	
Data da Colheita: 20-12-2016	Norma ou especificação: NP EN 932-1:2002
Descrição da Mistura	
Tipo de Mistura	AC 4 reg Recofal S-50 (AB)
Composição da Mistura	25% Pó de Basalto 0/4 75% Agregado Quartzito 0/6,3 7,5% Betume Recofal S-50
Natureza do Lote	Central Betuminosa Construções JJR & Filhos, S.A. (Fátima)
Identificação do Lote	Etiqueta de Amostragem 2
Descrição do Método de Amostragem	
Hora	14:00h
Condições Atmosféricas	Sol
Localização	Recinto do Santuário de Fátima
Temperatura da Mistura	168,0°C
Equipamento Utilizado	Pá
Método Redução Amostra	Esquartelamento
Fotografia do trecho de recolha de Amostragem	
	

Quadro 32 – Relatório de Amostragem N.º 2

6.2.5 Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 2

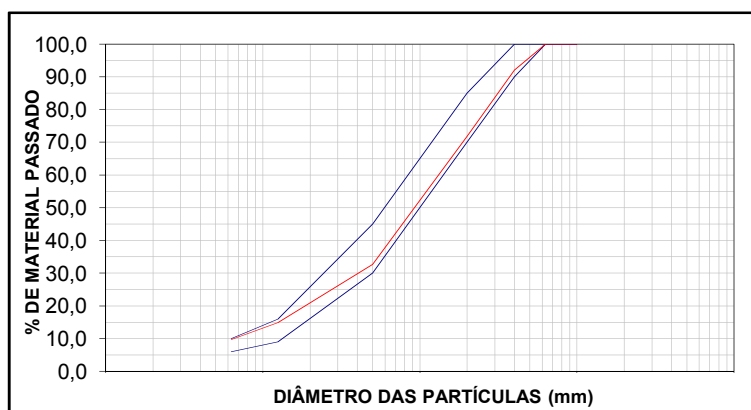
Percentagem de Betume Amostra N.º 2 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data Ensaio: 20-12-2016

Norma: NP EN 933-1; EN 12697-6; EN 12697-8; EN 12697-34; EN 12697-39

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso			
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
8	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
4	50	8,0	92,0	8,0	90,0	100,0		
Nº pancadas	50	2	125	20,2	71,8	28,2	70,0	85,0
Temperatura compactação	165 °C	0,5	242	39,1	32,7	67,3	30,0	45,0
		0,125	110	17,8	14,9	85,1	9,0	16,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)		0,063	32	5,2	9,7	90,3	6,0	10,0
		< 0,063	60	9,7	0,0	100,0		
2432	Total	619	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{obsd} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F_t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m_1)	na água (m_2)	sup. seca (m_3)		V_m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	61	998,3	1151,9	652,3	1154,9	2288	5,9	22,5	73,6		10,2	3,0		3,4
2	61	998,3	1149,0	653,4	1152,2	2299	5,4	22,1	75,3		9,9	2,8		3,5
3	61	998,3	1149,4	652,2	1152,0	2295	5,6	22,2	74,8		10,4	3,0		3,5
4	61	998,3	1155,7	658,6	1159,0	2305	5,2	21,9	76,2		10,5	2,9		3,6
Procedimento	B	Temp.	21,0 °C	Médias	2297	5,5	22,2	75,0			10,2	2,9		3,5



Pesos (g)		
Tara	W_t	2 490,8 g
Tara+Amostra	W_{t+s}	3 159,3 g
Tara+Agregado	W_{t+a}	3 109,3 g
Amostra	W_s	668,5 g
Agregado	W_a	618,5 g
Betume	W_{loss}	50,0 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,5%
Baridade betume	1035
Rel. ponderal filler/betume	1,30

Quadro 33 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 2

Analisando o quadro 33, com os resultados referentes à análise granulométrica e percentagem de betume da amostra n.º 2, verifica-se que relativamente à análise granulométrica a percentagem de material acumulado passado nos peneiros encontra-se dentro dos limites definidos. Em relação à percentagem de betume, o estudo laboratorial demonstrou que a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50. O valor da percentagem de betume obtido na amostra n.º 2 é de 7,5%, que corresponde ao calculado no estudo laboratorial.

6.2.6 Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 2

O valor da baridade máxima teórica, de acordo com os cálculos efetuados no quadro 34, corresponde ao valor de 2432 (kg/m³), sendo este valor próximo do valor calculado no estudo laboratorial, que corresponde ao valor de 2407 (kg/m³).

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico Amostra N.º 2 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"		
Data Ensaio: 20-12-2016	% de Betume adoptada: 7,5%	Norma: EN 12697-5
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,8
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.575,5
m_3	Picnómetro + água + Amostra (g)	11.050,9
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à T _{calibração} (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à T _{calibração} (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2432

Quadro 34 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 2

6.2.7 Relatório de Amostragem da Amostra N.º 3

No quadro 35 seguinte, está descrito o relatório de amostragem N.º 3, recolhida no Recinto do Santuário de Fátima no dia 22 de dezembro de 2016 às 10:30. No processo de recolha da amostra, procedeu-se à recolha da temperatura da mistura, que corresponde a 171,0°C.

Relatório de Amostragem N.º 3 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"	
Data da Colheita: 22-12-2016	Norma ou especificação: NP EN 932-1:2002
Descrição da Mistura	
Tipo de Mistura	AC 4 reg Recofal S-50 (AB)
Composição da Mistura	25% Pó de Basalto 0/4 75% Agregado Quartzito 0/6,3 7,5% Betume Recofal S-50
Natureza do Lote	Central Betuminosa Construções JJR & Filhos, S.A. (Fátima)
Identificação do Lote	Etiqueta de Amostragem 3
Descrição do Método de Amostragem	
Hora	10:30h
Condições Atmosféricas	Sol
Localização	Recinto do Santuário de Fátima
Temperatura da Mistura	171,0°C
Equipamento Utilizado	Pá
Método Redução Amostra	Esquartelamento
Fotografia do trecho de recolha de Amostragem	
 A fotografia mostra um espaço pavimentado, provavelmente uma praça ou estacionamento, com uma iluminação pública no centro. O chão é de cor escura e há uma mancha vermelha circular desenhada no pavimento, indicando o local exato onde a amostra foi recolhida. Ao fundo, há árvores altas e um edifício.	

6.2.8 Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 3

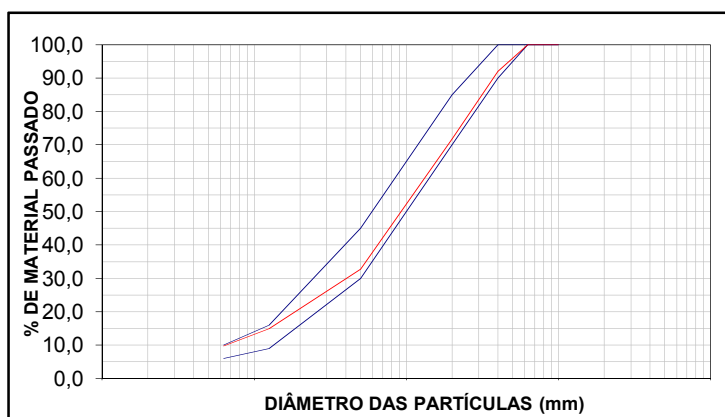
Percentagem de Betume Amostra N.º 3 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data Ensaio: 22-12-2016

Norma: NP EN 933-1; EN 12697-6; EN 12697-8; EN 12697-34; EN 12697-39

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso			
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
8	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
4	39	6,4	93,6	6,4	90,0	100,0		
Nº pancadas	50	2	123	20,0	73,6	26,4	70,0	85,0
Temperatura compactação	165 °C	0,5	248	40,4	33,2	66,8	30,0	45,0
		0,125	120	19,5	13,8	86,2	9,0	16,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)		0,063	35	5,6	8,1	91,9	6,0	10,0
		< 0,063	50	8,1	0,0	100,0		
2430	Total	614	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	61	997,8	1148,0	651,9	1150,6	2297	5,5	21,8	75,0		10,0	3,1		3,2
2	62	997,8	1150,7	655,6	1153,7	2305	5,1	21,6	76,2		10,2	2,9		3,5
3	62	997,8	1148,8	654,2	1152,4	2301	5,3	21,7	75,6		10,2	2,9		3,5
4	61	997,8	1149,0	654,8	1152,0	2306	5,1	21,5	76,4		10,4	2,9		3,6
Procedimento	B	Temp.	22,0 °C	Médias	2302	5,2	21,7	75,8			10,2	3,0		3,4



Pesos (g)		
Tara	W_t	2 490,8 g
Tara+Amostra	W_{t+s}	3 153,6 g
Tara+Agregado	W_{t+a}	3 104,7 g
Amostra	W_s	662,8 g
Agregado	W_a	613,9 g
Betume	W_{loss}	48,9 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,4%
Baridade betume	1035
Rel. ponderal filler/betume	1,10

Quadro 36 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 3

Analisando o quadro 36, com os resultados referentes à análise granulométrica e percentagem de betume da amostra n.º 3, verifica-se que relativamente à análise granulométrica a percentagem de material acumulado passado nos peneiros encontra-se dentro dos limites definidos. Em relação à percentagem de betume, o estudo laboratorial demonstrou que a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50. O valor da percentagem de betume obtido na amostra n.º 3 é de 7,4%, valor mais baixo que o pretendido, mas que se considera um valor aceitável.

6.2.9 Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 3


O valor da baridade máxima teórica, de acordo com os cálculos efetuados no quadro 37, corresponde ao valor de 2430 (kg/m³), sendo este valor próximo do valor calculado no estudo laboratorial, que corresponde ao valor de 2407 (kg/m³).

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico Amostra N.º 3 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"		
Data Ensaio: 22-12-2016	% de Betume adoptada: 7,4%	Norma: EN 12697-5
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.094,0
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.559,6
m_3	Picnómetro + água + Amostra (g)	11.040,9
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2430

Quadro 37 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 3

6.2.10 Relatório de Amostragem da Amostra N.º 4

No quadro 38 seguinte, está descrito o relatório de amostragem N.º 4, recolhida no Recinto do Santuário de Fátima no dia 10 de janeiro de 2017 às 11:50. No processo de recolha da amostra, procedeu-se à recolha da temperatura da mistura, que corresponde a 167,0°C.

Relatório de Amostragem N.º 4 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"	
Data da Colheita: 10-01-2017	Norma ou especificação: NP EN 932-1:2002
Descrição da Mistura	
Tipo de Mistura	AC 4 reg Recofal S-50 (AB)
Composição da Mistura	25% Pó de Basalto 0/4 75% Agregado Quartzito 0/6,3 7,5% Betume Recofal S-50
Natureza do Lote	Central Betuminosa Construções JJR & Filhos, S.A. (Fátima)
Identificação do Lote	Etiqueta de Amostragem 4
Descrição do Método de Amostragem	
Hora	11:50h
Condições Atmosféricas	Sol
Localização	Recinto do Santuário de Fátima
Temperatura da Mistura	167,0°C
Equipamento Utilizado	Pá
Método Redução Amostra	Esquartelamento
Fotografia do trecho de recolha de Amostragem	
 A fotografia mostra um terreno de construção em preparação, cercado por uma grade metálica. No fundo, há árvores e edifícios. Um círculo vermelho no chão indica o local de amostragem.	

6.2.11 Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 4

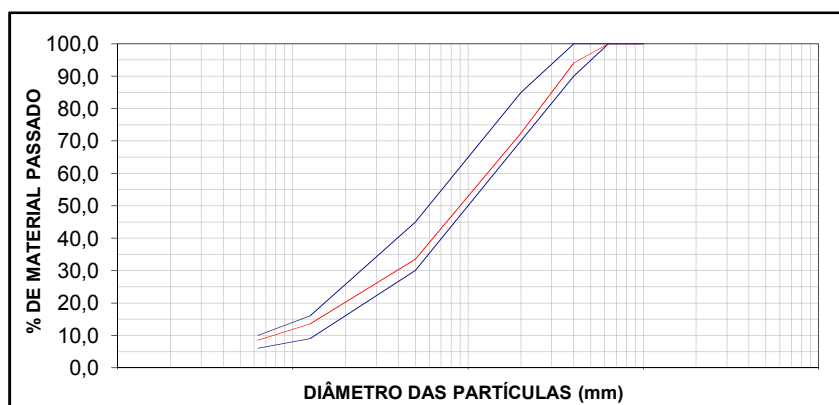
Percentagem de Betume Amostra N.º 4 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data Ensaio: 10-01-2017

Norma: NP EN 933-1; EN 12697-6; EN 12697-8; EN 12697-34; EN 12697-39

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso			
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
8	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
4	36	6,0	94,0	6,0	90,0	100,0		
Nº pancadas	50	2	131	21,6	72,4	27,6	70,0	85,0
Temperatura compactação	165 °C	0,5	236	38,9	33,5	66,5	30,0	45,0
		0,125	121	20,0	13,6	86,4	9,0	16,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	2431	0,063	31	5,0	8,5	91,5	6,0	10,0
		< 0,063	52	8,5	0,0	100,0		
Total	606	100,0	0,0	100,0				

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{obsd} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	62	998,5	1146,5	651,5	1149,5	2299	5,4	21,8	75,0		10,5	3,1		3,4
2	61	998,5	1146,1	650,6	1148,7	2297	5,5	21,8	74,8		10,6	3,1		3,4
3	61	998,5	1146,0	654,2	1149,9	2308	5,0	21,4	76,4		10,1	3,0		3,4
4	62	998,5	1145,7	651,4	1149,1	2299	5,5	21,8	74,9		10,3	3,0		3,4
Procedimento	B	Temp.	19,0 °C	Médias	2301	5,4	21,7	75,3			10,4	3,1		3,4



Pesos (g)		
Tara	W_t	2 490,8 g
Tara+Amostra	W_{t+s}	3 144,6 g
Tara+Agregado	W_{t+a}	3 096,6 g
Amostra	W_s	653,8 g
Agregado	W_a	605,8 g
Betume	W_{loss}	48,0 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,3%
Baridade betume	1035
Rel. ponderal filler/betume	1,16

Quadro 39 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 4

Analisando o quadro 39, com os resultados referentes à análise granulométrica e percentagem de betume da amostra n.º 4, verifica-se que relativamente à análise granulométrica a percentagem de material acumulado passado nos peneiros encontra-se dentro dos limites definidos. Em relação à percentagem de betume, o estudo laboratorial demonstrou que a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50. O valor da percentagem de betume obtido na amostra n.º 4 é de 7,3%, valor inferior ao pretendido, mas aceitável.

6.2.12 Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 4


O valor da baridade máxima teórica, de acordo com os cálculos efetuados no quadro 40, corresponde ao valor de 2431 (kg/m³), sendo este valor próximo do valor calculado no estudo laboratorial, que corresponde ao valor de 2407 (kg/m³).

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico Amostra N.º 4 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"		
Data Ensaio: 10-01-2017	% de Betume adoptada: 7,3%	Norma: EN 12697-5
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,8
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.584,5
m_3	Picnómetro + água + Amostra (g)	11.056,1
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2431

Quadro 40 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 4

6.2.13 Relatório de Amostragem da Amostra N.º 5

No quadro 41 seguinte, está descrito o relatório de amostragem N.º 5, recolhida no Recinto do Santuário de Fátima no dia 12 de janeiro de 2017 às 15:40. No processo de recolha da amostra, procedeu-se à recolha da temperatura da mistura, que corresponde a 169,0°C.

Relatório de Amostragem N.º 5 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"	
Data da Colheita: 12-01-2017	Norma ou especificação: NP EN 932-1:2002
Descrição da Mistura	
Tipo de Mistura	AC 4 reg Recofal S-50 (AB)
Composição da Mistura	25% Pó de Basalto 0/4 75% Agregado Quartzito 0/6,3 7,5% Betume Recofal S-50
Natureza do Lote	Central Betuminosa Construções JJR & Filhos, S.A. (Fátima)
Identificação do Lote	Etiqueta de Amostragem 5
Descrição do Método de Amostragem	
Hora	15:40h
Condições Atmosféricas	Sol
Localização	Recinto do Santuário de Fátima
Temperatura da Mistura	169,0°C
Equipamento Utilizado	Pá
Método Redução Amostra	Esquartelamento
Fotografia do trecho de recolha de Amostragem	
 A fotografia mostra um amplo estacionamento asfáltico no Recinto do Santuário de Fátima. No fundo, é visível a fachada do Santuário de Fátima com a sua característica torre central. À esquerda, há um autocarro azul. À direita, um veículo de construção está parcialmente visível. Um círculo vermelho na parte inferior direita da imagem indica o local específico onde a amostra foi recolhida.	

Quadro 41 – Relatório de Amostragem N.º 5

6.2.14 Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 5

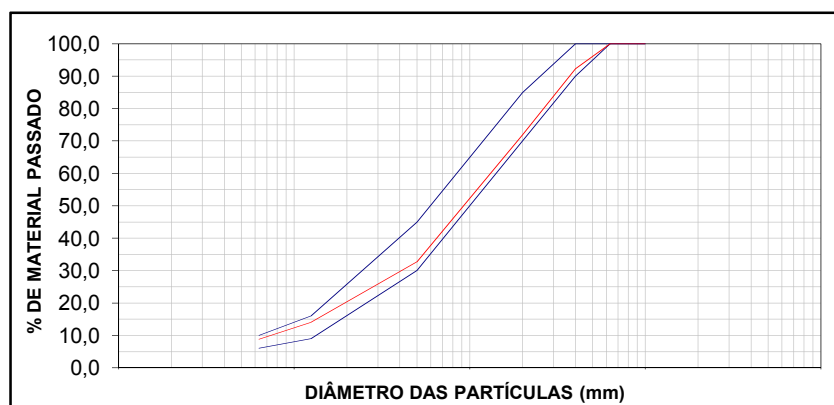
Percentagem de Betume Amostra N.º 5 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data Ensaio: 12-01-2017

Norma: NP EN 933-1; EN 12697-6; EN 12697-8; EN 12697-34; EN 12697-39

	Peneiros mm	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso		
		Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
	10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	8	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
	6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0	
Provetes (Compactador de impacto com pedestal de madeira)	4	51	7,7	92,3	7,7	90,0	100,0	
Nº pancadas	50	2	134	20,4	71,9	28,1	70,0	85,0
Temperatura compactação	165 °C	0,5	257	39,2	32,7	67,3	30,0	45,0
	0,125	123	18,7	14,0	86,0	9,0	16,0	
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	0,063	34	5,2	8,8	91,2	6,0	10,0	
	< 0,063	58	8,8	0,0	100,0			
2422	Total	656	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	62	998,5	1152,1	655,3	1155,8	2298	5,1	21,4	76,1		10,5	2,9		3,6
2	62	998,5	1150,6	655,8	1153,4	2309	4,7	21,1	77,8		9,9	2,7		3,7
3	61	998,5	1151,7	654,2	1154,2	2300	5,1	21,4	76,4		10,3	2,9		3,6
4	62	998,5	1149,8	651,9	1153,1	2291	5,4	21,7	74,9		9,7	2,8		3,5
Procedimento	B	Temp.	19,0 °C	Médias	2300	5,1	21,4	76,3			10,1	2,8		3,6



Pesos (g)		
Tara	W_t	2 490,8 g
Tara+Amostra	W_{t+s}	3 199,0 g
Tara+Agregado	W_{t+a}	3 147,0 g
Amostra	W_s	708,2 g
Agregado	W_a	656,2 g
Betume	W_{loss}	52,0 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,3%
Baridade betume	1035
Rel. ponderal filler/betume	1,20

Quadro 42 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 5

Analisando o quadro 42, com os resultados referentes à análise granulométrica e percentagem de betume da amostra n.º 5, verifica-se que relativamente à análise granulométrica a percentagem de material acumulado passado nos peneiros encontra-se dentro dos limites definidos. Em relação à percentagem de betume, o estudo laboratorial demonstrou que a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50. O valor da percentagem de betume obtido na amostra n.º 5 é de 7,3%, valor mais baixo que o pretendido, mas ainda assim aceitável.

6.2.15 Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 5


O valor da baridade máxima teórica, de acordo com os cálculos efetuados no quadro 43, corresponde ao valor de 2422 (kg/m³), sendo este valor próximo do valor calculado no estudo laboratorial, que corresponde ao valor de 2407 (kg/m³).

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico Amostra N.º 5 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"		
Data Ensaio: 12-01-2017	% de Betume adoptada: 7,3%	Norma: EN 12697-5
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,8
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.572,1
m_3	Picnómetro + água + Amostra (g)	11.046,6
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à T _{calibração} (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à T _{calibração} (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2422

Quadro 43 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 5

6.2.16 Relatório de Amostragem da Amostra N.º 6

No quadro 44 seguinte, está descrito o relatório de amostragem N.º 6, recolhida no Recinto do Santuário de Fátima no dia 16 de janeiro de 2017 às 11:15. No processo de recolha da amostra, procedeu-se à recolha da temperatura da mistura, que corresponde a 172,0°C.

Relatório de Amostragem N.º 6 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"	
Data da Colheita: 16-01-2017	Norma ou especificação: NP EN 932-1:2002
Descrição da Mistura	
Tipo de Mistura	AC 4 reg Recofal S-50 (AB)
Composição da Mistura	25% Pó de Basalto 0/4 75% Agregado Quartzito 0/6,3 7,5% Betume Recofal S-50
Natureza do Lote	Central Betuminosa Construções JJR & Filhos, S.A. (Fátima)
Identificação do Lote	Etiqueta de Amostragem 6
Descrição do Método de Amostragem	
Hora	11:15h
Condições Atmosféricas	Sol
Localização	Recinto do Santuário de Fátima
Temperatura da Mistura	172,0°C
Equipamento Utilizado	Pá
Método Redução Amostra	Esquartelamento
Fotografia do trecho de recolha de Amostragem	
 A fotografia mostra uma rua pavimentada no Recinto do Santuário de Fátima. No fundo, é visível a Igreja do Santuário de Fátima. No primeiro plano, no pavimento, há uma mancha de cor escura, circunscrita por um círculo vermelho, que indica o local de recolha da amostra.	

Quadro 44 – Relatório de Amostragem N.º 6

6.2.17 Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 6

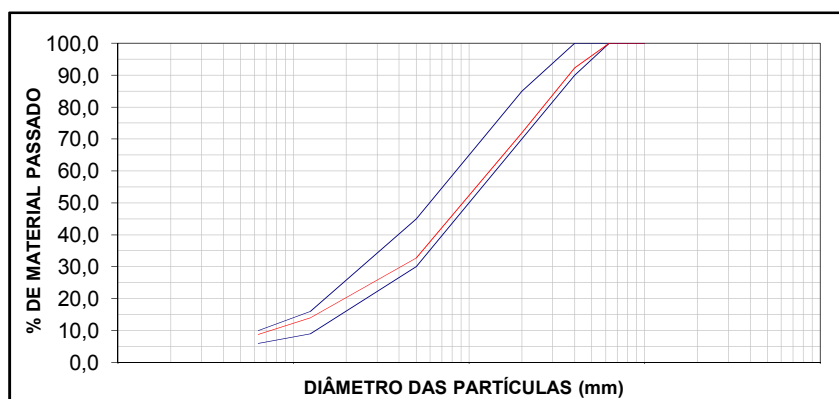
Percentagem de Betume Amostra N.º 6 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data Ensaio: 16-01-2017

Norma: NP EN 933-1; EN 12697-6; EN 12697-8; EN 12697-34; EN 12697-39

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso			
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
8	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
4	42	7,0	93,0	7,0	90,0	100,0		
Nº pancadas	50	2	124	20,6	72,4	27,6	70,0	85,0
Temperatura compactação	165 °C	0,5	245	40,6	31,8	68,2	30,0	45,0
		0,125	110	18,2	13,6	86,4	9,0	16,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)	2425	0,063	31	5,1	8,5	91,5	6,0	10,0
		< 0,063	51	8,5	0,0	100,0		
Total	604	100,0	0,0	100,0				

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{obsd} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	61	997,8	1149,5	654,3	1152,8	2301	5,1	21,8	76,6		9,9	2,9		3,4
2	61	997,8	1147,8	654,2	1150,4	2308	4,8	21,5	77,7		9,5	2,8		3,4
3	61	997,8	1150,8	655,2	1154,1	2302	5,1	21,8	76,7		9,9	3,0		3,3
4	62	997,8	1150,2	654,8	1152,9	2304	5,0	21,7	77,1		9,8	2,8		3,5
Procedimento	B	Temp.	22,0 °C	Médias	2304	5,0	21,7	77,0			9,8	2,9		3,4



Pesos (g)		
Tara	W_t	2 490,8 g
Tara+Amostra	$W_{\text{t+s}}$	3 142,9 g
Tara+Agregado	$W_{\text{t+a}}$	3 094,7 g
Amostra	W_s	652,1 g
Agregado	W_a	603,9 g
Betume	W_{loss}	48,2 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,4%
Baridade betume	1020
Rel. ponderal filler/betume	1,15

Quadro 45 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 6

Analisando o quadro 45, com os resultados referentes à análise granulométrica e percentagem de betume da amostra n.º 6, verifica-se que relativamente à análise granulométrica a percentagem de material acumulado passado nos peneiros encontra-se dentro dos limites definidos. Em relação à percentagem de betume, o estudo laboratorial demonstrou que a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50. O valor da percentagem de betume obtido na amostra n.º 6 é de 7,4%, valor mais baixo que o pretendido, mas que se considera um valor aceitável.

6.2.18 Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 6

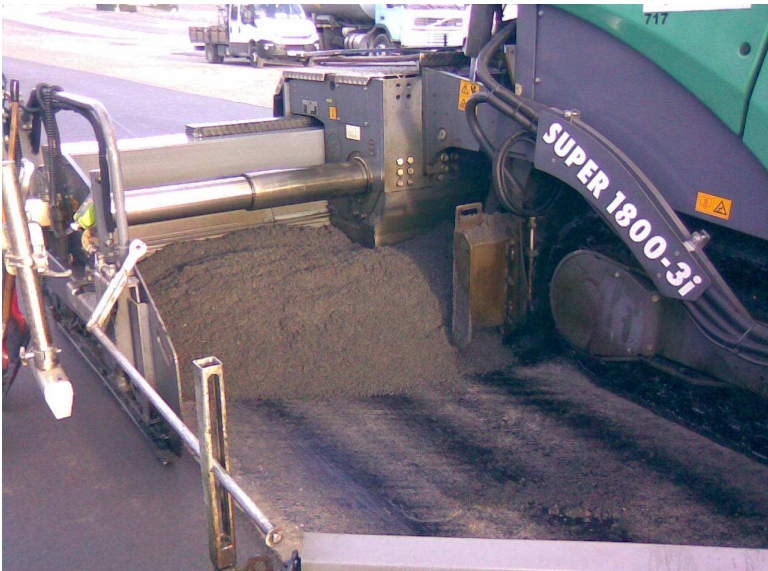
O valor da baridade máxima teórica, de acordo com os cálculos efetuados no quadro 46, corresponde ao valor de 2425 (kg/m³), sendo este valor próximo do valor calculado no estudo laboratorial, que corresponde ao valor de 2407 (kg/m³).

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico Amostra N.º 6 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"		
Data Ensaio: 16-01-2017	% de Betume adoptada: 7,4%	Norma: EN 12697-5
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,8
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.634,7
m_3	Picnómetro + água + Amostra (g)	11.084,0
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à $T_{\text{calibração}}$ (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2425

Quadro 46 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 6

6.2.19 Relatório de Amostragem da Amostra N.º 7

No quadro 47 seguinte, está descrito o relatório de amostragem N.º 7, recolhida no Recinto do Santuário de Fátima no dia 19 de janeiro de 2017 às 09:10. No processo de recolha da amostra, procedeu-se à recolha da temperatura da mistura, que corresponde a 169,0°C.

Relatório de Amostragem N.º 7 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"	
Data da Colheita: 19-01-2017	Norma ou especificação: NP EN 932-1:2002
Descrição da Mistura	
Tipo de Mistura	AC 4 reg Recofal S-50 (AB)
Composição da Mistura	25% Pó de Basalto 0/4 75% Agregado Quartzito 0/6,3 7,5% Betume Recofal S-50
Natureza do Lote	Central Betuminosa Construções JJR & Filhos, S.A. (Fátima)
Identificação do Lote	Etiqueta de Amostragem 6
Descrição do Método de Amostragem	
Hora	09:10h
Condições Atmosféricas	Sol
Localização	Recinto do Santuário de Fátima
Temperatura da Mistura	169,0°C
Equipamento Utilizado	Pá
Método Redução Amostra	Esquartelamento
Fotografia do trecho de recolha de Amostragem	
 A fotografia mostra um equipamento de construção, especificamente uma pá mecânica de cor verde e cinza, a recolher material de uma superfície. O equipamento tem o modelo "SUPER 1800-3i" visível no lado. O material recolhido é uma mistura granulada, provavelmente o agregado descrito no relatório. O fundo da imagem mostra uma área de trabalho com outros equipamentos e estruturas de construção.	

Quadro 47 – Relatório de Amostragem N.º 7

6.2.20 Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 7

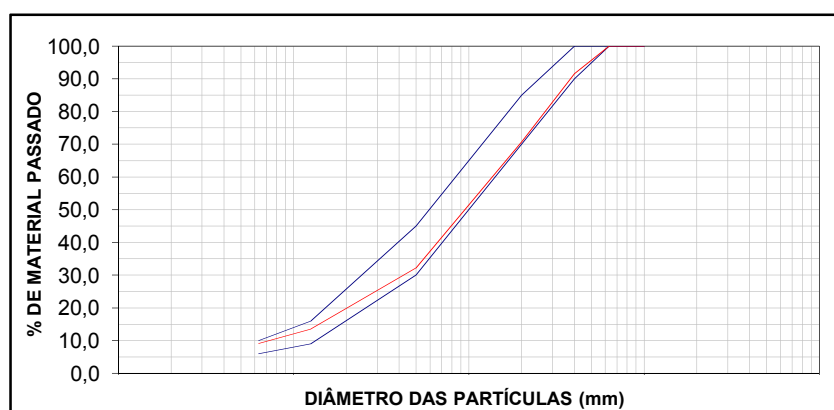
Percentagem de Betume Amostra N.º 7 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"

Data Ensaio: 19-01-2017

Norma: NP EN 933-1; EN 12697-6; EN 12697-8; EN 12697-34; EN 12697-39

Peneiros	Material Retido		Mat. Acumulado		Fuso			
	mm	Peso (g)	Perc. (%)	Passado (%)	Retido (%)	Limite inferior	Limite superior	
10	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
8	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
6,3	0	0,0	100,0	0,0	100,0	100,0		
4	56	8,4	91,6	8,4	90,0	100,0		
Nº pancadas	50	2	140	20,9	70,7	29,3	70,0	85,0
Temperatura compactação	165 °C	0,5	258	38,5	32,2	67,8	30,0	45,0
		0,125	125	18,6	13,6	86,4	9,0	16,0
Baridade máxima teórica (Procedimento A - Volumétrico)		0,063	30	4,5	9,1	90,9	6,0	10,0
		< 0,063	61	9,1	0,0	100,0		
2428	Total	669	100,0	0,0	100,0			

Nº prov.	h média h (mm)	ρ_w (Kg/m ³)	Peso (g)			Baridade ρ_{bssd} (Kg/m ³)	Caract. Volumétricas			Estabilidade (S)		Deform. F (mm)	Deform. F _t (mm)	Quociente Marshall (kN/mm)
			no ar (m ₁)	na água (m ₂)	sup. seca (m ₃)		V _m (%)	VMA (%)	VFB (%)	Medida (N)	Corrig. (kN)			
1	62	997,1	1150,1	652,2	1152,6	2292	5,6	22,0	74,4		10,1	2,9		3,5
2	62	997,1	1150,8	651,1	1153,2	2285	5,9	22,2	73,5		10,5	3,1		3,4
3	62	997,1	1149,6	654,7	1152,1	2305	5,1	21,5	76,4		9,6	2,7		3,6
4	62	997,1	1147,5	652,3	1150,4	2297	5,4	21,8	75,2		9,8	2,8		3,5
Procedimento	B	Temp.	25,0 °C	Médias	2295	5,5	21,9	74,9			10,0	2,9		3,5



Pesos (g)		
Tara	W_t	2 490,8 g
Tara+Amostra	W_{t+s}	3 212,4 g
Tara+Agregado	W_{t+a}	3 159,9 g
Amostra	W_s	721,6 g
Agregado	W_a	669,1 g
Betume	W_{loss}	52,5 g

Betume	
Método/Valor de calibração	
% betume	7,3%
Baridade betume	1020
Rel. ponderal filler/betume	1,25

Quadro 48 – Análise Granulométrica e Percentagem de Betume da Amostra N.º 7

Analisando o quadro 48, com os resultados referentes à análise granulométrica e percentagem de betume da amostra n.º 7, verifica-se que relativamente à análise granulométrica a percentagem de material acumulado passado nos peneiros encontra-se dentro dos limites definidos. Em relação à percentagem de betume, o estudo laboratorial demonstrou que a percentagem média ponderada determinada é de 7,5% de betume Recofal S-50. O valor da percentagem de betume obtido na amostra n.º 7 é de 7,3%, valor mais baixo que o pretendido, mas considera um valor aceitável.

6.2.21 Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 7

O valor da baridade máxima teórica, de acordo com os cálculos efetuados no quadro 49, corresponde ao valor de 2428 (kg/m³), sendo este valor próximo do valor calculado no estudo laboratorial, que corresponde ao valor de 2407 (kg/m³).

Baridade Máxima Teórica pelo Método Volumétrico Amostra N.º 7 "AC 4 reg RECOFAL S-50 (AB)"		
Data Ensaio: 19-01-2017	% de Betume adoptada: 7,3%	Norma: EN 12697-5
Número do Ensaio		1
T	Temperatura do ensaio	25°C
m_1	Picnómetro sem encher (g)	1.093,8
m_2	Picnómetro sem encher de água + Amostra (g)	2.613,1
m_3	Picnómetro + água + Amostra (g)	11.072,2
ρ_w	Massa volúmica da água (Kg/m ³)	997,1
m_4	Picnómetro cheio de água à T _{calibração} (g)	10.176,8
$\rho_{w,c}$	Massa volúmica da água à T _{calibração} (g)	997,1
$V_p = \frac{m_4 - m_1}{\rho_{w,c}}$	Volume do picnómetro (m ³)	9,1
$\rho_{mv} = \frac{m_2 - m_1}{V_p - \left(\frac{m_3 - m_2}{\rho_w} \right)}$	Baridade máxima teórica (Kg/m ³)	2428

Quadro 49 – Baridade Máxima Teórica da Amostra N.º 7

6.3 Resumo Final

O quadro 50 seguinte mostra o resumo dos ensaios de controlo de qualidade realizados no decorrer da empreitada de “Requalificação do Recinto do Santuário de Fátima”.

RESUMO DE ENSAIOS																		
Nº amostra	DATAS		LOCAL	GRANULOMETRIA (% de passados)								AMOSTRA						
	Colheitas	Ensaios		Km / perfil	10,0 mm	8,0 mm	6,30 mm	4,00 mm	2,00 mm	0,500 mm	0,125 mm	0,063 mm	Betume (%)	Baridade (Kg/m³)	Estabilidade (KN)	Deformação (mm)	BMTpv (kg/m³)	Porosidade (%)
1	16-12-2016	16-12-2016	OBRA	100	100	100	91	71	32	14	9,4	7,4%	2306	10,0	2,9	2432	5,2	1,3
2	20-12-2017	20-12-2017	OBRA	100	100	100	92	72	33	15	9,7	7,5%	2297	10,3	2,9	2432	5,5	1,3
3	22-12-2017	22-12-2017	OBRA	100	100	100	94	74	33	14	8,1	7,4%	2302	10,2	3,0	2430	5,2	1,1
4	10-01-2017	10-01-2017	OBRA	100	100	100	94	72	34	14	8,5	7,3%	2301	10,4	3,1	2431	5,4	1,2
5	12-01-2017	12-01-2017	OBRA	100	100	100	92	72	33	14	8,8	7,3%	2299	10,1	2,8	2422	5,1	1,2
6	16-01-2017	16-01-2017	OBRA	100	100	100	93	72	32	14	8,5	7,4%	2304	9,8	2,9	2425	5,0	1,1
7	19-01-2017	19-01-2017	OBRA	100	100	100	92	71	32	14	9,1	7,3%	2295	10,0	2,9	2428	5,5	1,3

Quadro 50 – Resumo de Ensaios de Controlo de Qualidade

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que a mistura betuminosa colorida a quente aplicada no Recinto do Santuário de Fátima, cumpre com os requisitos impostos, nomeadamente com os definidos no estudo laboratorial.



Figura 8 – Conclusão dos trabalhos de aplicação de mistura betuminosa colorida

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

O presente estágio curricular teve como principal objetivo Acompanhar o Fabrico, Controlo e Colocação de Misturas Betuminosas Coloridas a Quente. Para esta avaliação foi estudada uma mistura betuminosa “AC 4 reg Recofal S-50 (AB).

Em termos de relatório de sondagens, foram realizados quatro carotes no Recinto de Oração do Santuário de Nossa Senhora do Rosário de Fátima, onde se concluiu que as camadas de desgaste existentes do tipo a frio e de pouca espessura assente sobre camada de macadame hidráulico ou semi-penetração, por vezes com misturas de solos, demonstrando uniformidade em todo o recinto, considerando-se o conjunto como base estabilizada.

Num primeiro trecho experimental (inicial) executado no Recinto de Oração do Santuário de Nossa Senhora do Rosário de Fátima foram executados/aplicados três tipos de mistura betuminosa colorida a quente com betume Recofal S-50. Conclui-se que as misturas obtiveram aprovação por parte do Dono de Obra em termos de conforto pedonal e mistura fechada, mas não obteve aprovação em termos de tonalidade.

Face à não aprovação em termos de tonalidade, propôs-se a elaboração de um estudo laboratorial de mistura betuminosa colorida a quente com betume Recofal S-50 composta por 75% de agregado quartzito 0/6,3 e 25% de pó de basalto com a finalidade de escurecer um pouco mais a mistura betuminosa colorida.

Após conclusão do estudo laboratorial da nova formulação da mistura betuminosa colorida a quente, efetuou-se um novo trecho experimental no Recinto de Oração do Santuário de Nossa Senhora do Rosário de Fátima o qual obteve de imediato a aprovação por parte do Dono de Obra quer em termos de conforto pedonal, mistura fechada e tonalidade da mistura betuminosa AC 4 reg Recofal S-50 (AB).

No decorrer da execução dos trabalhos da empreitada “Requalificação do Pavimento do Santuário de Fátima” procedeu-se à recolha de sete amostras em obra. Essas amostras foram alvos de ensaios de controlo de qualidade em laboratório, que consiste principalmente no controlo de percentagem de betume e ensaio “Marshall”. Com base nos resultados obtidos em laboratório, referente às sete amostras, concluiu-se que as misturas betuminosas coloridas a quente apresentam as características exigidas no estudo laboratorial.

Com o presente relatório de estágio procurou-se contribuir para o melhor conhecimento e divulgação das misturas betuminosas coloridas a quente que têm como principal aplicação em arruamentos de jardins, parques de diversão, áreas de lazer, corredores para ciclistas e caminhos pedonais.

De acordo com a experiência adquirida no estágio realizado e sendo o controlo de qualidade em obra uma etapa necessária e relevante para a contínua adequação de técnicas e procedimentos com vista à melhoria da qualidade e cumprimento das exigências do Dono de Obra, pode-se concluir que os principais objetivos deste estágio foram atingidos.

TRABALHOS FUTUROS:

Para o futuro, para além de uma investigação aprofundada do desempenho das misturas betuminosas coloridas a quente a longo prazo, é imprescindível a quantificação dos benefícios obtidos com a sua aplicação, nomeadamente em termos arquitetónicos.

Com este trabalho pretende-se que os Donos de Obra a nível nacional tenham conhecimento da existência das misturas betuminosas coloridas a quente com o objetivo futuro de uma possível criação de uma especificação nacional para uma metodologia de formulação destas misturas, o que auxiliaria a sua divulgação no nosso país.

Referências Bibliográficas

EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.03 Pavimentação – Características dos Materiais. Estradas de Portugal S.A. 2014.

EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 15.03 Pavimentação – Métodos Construtivos. Estradas de Portugal S.A. 2014.

EP, Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.00 Controlo de Qualidade. Estradas de Portugal S.A. 2009

EN 12697-8, Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 8: Determination of void characteristics of bituminous specimens. 2003

NP EN 13108-1, Misturas betuminosas: Especificações dos materiais – Parte 1: Betão betuminoso. 2011.

NP EN 933-1, Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica. Método da peneiração. 2014.

NP EN 933-9, Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 9: Avaliação dos finos. Ensaio de azul de metileno. 2011.

NP EN 1097-6, Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 6: Determinação da massa volúmica e absorção de água. 2016.

NP EN 12697-2:2002+A1, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 2: Determinação da granulometria. 2010.

NP EN 12697-5:2002+A1, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 5: Determinação da baridade máxima. 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. 2010.

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. 2009.

NP EN 12697-34:2004+A1, Misturas betuminosas. Métodos de ensaio para misturas betuminosas a quente. Parte 34: Ensaio Marshall. 2010.

LNEC E 35-1956, Materiais betuminosos. Determinação da densidade com o Picnómetro. Série B – Secção 5. 1957

ASTM D 1559-1989, Misturas betuminosas. Ensaio de compressão Marshall.

Anexo 1 – Ficha Técnica do Ligante Sintético



FICHA TÉCNICA

LIGANTE SINTÉTICO Recofal S50

1. DESCRIÇÃO

Ligante sintético e translúcido, facilmente pigmentável, de aplicação a quente e destinado ao fabrico de misturas coloridas a utilizar em pavimentos.

2. APLICAÇÕES TÍPICAS

Execução de pavimentos coloridos em:

- Arruamentos de jardins
- Zonas de portagem - "via verde"
- Parques de diversão
- Áreas de lazer
- Passeios públicos
- Corredores de "BUS"
- Polidesportivos
- Pavimentos em túneis
- Passadeiras de peões
- Ciclovias

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CARACTERÍSTICAS	UNIDADE	MÉTODO DE ENSAIO	ESPECIFICAÇÃO	
			Mínimo	Máximo
Penetração a 25°C	0,1mm	EN 1426	40	60
Temperatura de amolecimento	°C	EN 1427	45	
Ponto de fragilidade Fraass	°C	EN 12593		-5
Recuperação elástica por torsão, a 5°C	%		20	
Estabilidade ao armazenamento				
Diferença na penetração a 25°C	%	EN 1426		5
Incremento da temperatura de amolecimento	°C	EN 1427		2

4. CONDIÇÕES DE USO

Devem ser cumpridas todas as precauções e recomendações de segurança que figuram na Ficha de Segurança do produto.

Repsol Lubricantes y Especialidades, S.A.
Assistência Técnica Astillos
FT PT ASF018
Ed.2 - Rev.0 - 2 Jan. 2013

Sistema de gestão certificado por LROA sob os normas
ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007



Anexo 2 – Certificados de Conformidade e Declaração de Desempenho dos Agregados

Certificado de Conformidade

IPAC
acreditação
C3002
Certificação
Produtos

Nº de Organismo Notificado: 1515

Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0196
Este Certificado substitui o anteriormente emitido com o nº 1515-CPR-0196 de 2014-03-26

Em conformidade com o Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março de 2011 (Regulamento dos Produtos de Construção), este certificado aplica-se ao(s) seguinte(s) Produto(s) de Construção:

(Ver Anexo Técnico)

produzido(s) por

CONSTRUÇÕES JJR & FILHOS, S.A.

SEDE Rua da Capela, nº 4 - Quinta da Sardinha
2495-785 SANTA CATARINA DA SERRA (LEIRIA)

nos seguintes locais

(Ver Anexo Técnico)

cumpra as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descrito no anexo ZA e os requisitos da(s) norma(s)

EN 12620:2002+A1:2008 EN 13043:2002 e EN 13043:2002/AC:2004 EN 13242:2002+A1:2007

as quais são aplicadas sob o sistema Z+

Este Certificado foi emitido inicialmente a 2005-02-16, sendo o mesmo válido até 2018-10-27 e enquanto as condições técnicas estabelecidas pela(s) Norma(s) referida(s) se mantiverem e as condições de fabricação e controlo da produção pelo fabricante não se alterem significativamente.

Lisboa, 26 de Outubro de 2015


Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a EIC através de gcrat@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação

Rua de São Pedro, nº 8 - 2.º - 1200-028 Lisboa - Tel. +351(0) 21 422 00 00 - Fax. +351(0) 21 422 00 00 - Email: gcrat@eic.pt

Certificado de Conformidade



Nº de Organismo Notificado: 1515

Anexo Técnico ao Certificado de Conformidade do Controlo de Produção em Fábrica nº 1515-CPR-0196

Este Anexo Técnico só é válido em conjunto com o certificado n.º 1515-CPR-0196 emitido pela EIC e enquanto este se mantiver em vigor.

Centro de Produção	Designação Comercial do Produto	Normas Harmonizadas Aplicáveis	
Mouriscas - ABRANTES	0/6,3 (Agregado 0/6,3)	EN 13043: 2002 e EN 13043: 2002/AC:2004	
	4/10 (Agregado 4/10)		
	10/16 (Agregado 10/16)	EN 13242: 2002+A1:2007	
	0/4 (Agregado 0/4 Gran rosa)		
	4/10 (Agregado 4/10 Gran rosa)		
	10/14 (Agregado 10/14 Gran rosa)		
	Mouriscas - ABRANTES	0/6,3 Gran (Agregado 0/6,3 Gran)	EN 13043: 2002 e EN 13043: 2002/AC:2004
		4/10 Gran (Agregado 4/10 Gran)	
		10/16 Gran (Agregado 10/16 Gran)	
		0/4 (Agregado 0/4 Gran rosa)	
4/10 (Agregado 4/10 Gran rosa)			
10/14 (Agregado 10/14 Gran rosa)			
Coelhos - ZAMBUJAL	0/4 (Areia 0/4)	EN 12620: 2002+A1:2008	
	4/10 (Areia 4/10)	EN 13242: 2002+A1:2007	

(Este anexo substitui o emitido em 26-10-2015)

Lisboa, 27 de Junho de 2016

Manuel Vidigal
Presidente C.A.

Para confirmar a validade deste certificado, queira p.f. contactar a EIC através de geral@eic.pt ou 214 220 640

eic empresa internacional de certificação

Código de identificação único do produto-tipo: **AGREGADO 0/6,3**

 Utilizações previstas: **Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação**
Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária

 Fabricante: **Construções JJR & Filhos, S.A.**
Rua da Capela, nº4 - Quinta da Sardinha
2499-002 Sta. Catarina da Serra
Tel.: +351 244 749 730 / Fax: +351 244 749 738 /
e-mail: geral@jir.pt / www.jir.pt
Centro de Produção de Mouriscas

 Sistema de avaliação e verificação da regularidade do desempenho (AVCP): **Sistema 2+**

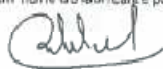
 Norma harmonizada: **EN 12643:2002 + EN 12643:2002/AC:2004**
EN 12642:2002+A1:2007

 Organismo notificado: **A EIC, organismo notificado nº 1515 realizou a inspeção inicial da unidade fabril e o controlo de produção em fábrica assim como o respectivo acompanhamento, apreciação e aprovação contínuos, no âmbito do sistema 2+ e emitiu o certificado de conformidade do controlo de produção em fábrica 1515-CPR-0196.**
Desempenho declarado

CARACTERÍSTICAS ESSENCIAIS		DESEMPENHO	NORMA HARMONIZADA APLICÁVEL	
			EN 12643	EN 12642
Composição mineralógica/tipo			Quartzito (Quartzito 86%, Quartzo 14%)	
Dimensão e granulometria do agregado			0/6,3; G ₆₅ ; G ₂₀	0/6,3; G ₆₅ ; G _{7,5} ; G ₂₀
Limpeza	Teor de finos		f ₀	
	Qualidade de finos		SE>50; MB<1,0	SE>50; MB<1,0
Massa Volumica das partículas	P ₀		[2,62; 2,65] Mg/m ³	
	P _{0,075}		[2,53; 2,59] Mg/m ³	
	P _{0,15}		[2,57; 2,60] Mg/m ³	
Absorção de água			[0,5; 1,7] %	
Composição / teor	Constituintes que alteram o tempo de presa	NFD	S _{max}	

O desempenho do produto identificado acima está em conformidade com o conjunto de desempenhos declarados. A presente declaração é emitida, em conformidade com o Regulamento (EU) n.º 305/2011, sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado acima.

Assinado por e em nome do fabricante por:



(Maria da Luz dos Santos Rodrigues, Administradora)

Quinta da Sardinha, 11 de Janeiro de 2016

BUREAU VERITAS
Certification



Certificado de Conformidade de Controlo da Produção na Fábrica

1592 – CPR – 0609

De acordo com o Regulamento (UE) 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 09 de Março de 2011 (o Regulamento de Produtos de Construção ou RPC) este certificado aplica-se ao produto de construção:

AGREGADOS

de acordo com a utilização prevista e características descritas em anexo

fabricado por:

LENA AGREGADOS - Comércio de Agregados, S.A.
Apartado 1004 - Santa Catarina da Serra
2495-907 Santa Catarina da Serra

e fabricados na unidade fabril:

Centro de Produção de Rio Maior
Rua dos Covões
2040 Alcobertas

Este certificado atesta que todas as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descritos no anexo 2^a da(s) norma(s) em anexo de acordo com o sistema 2+ são aplicados e que o controlo de produção em fábrica cumpre todos os requisitos estabelecidos acima indicados.

Este certificado foi emitido pela primeira vez em 9 de Outubro de 2009 e manter-se-á válido desde que não se alterem os métodos de ensaio ou os requisitos de controlo de produção em fábrica incluídos na norma harmonizada, usados para avaliar o desempenho das características declaradas, e que o produto e as condições de fabrico na fábrica não se alterem significativamente.

Lisboa, 30 de Junho de 2019.

Director Geral

Bureau Veritas Certification Portugal, Lda
Pólo Tecnológico de Lisboa, Lote 331
1931-455 Lisboa
PORTUGAL



Página 1/2



BUREAU VERITAS
Certification



**Anexo ao
Certificado de Conformidade de Controlo da
Produção na Fábrica**

1592 – CPR – 0609

AGREGADOS

Norma	Aplicação	Caracterização	
		ØD	Designação Comercial
EN 80/81/82/83/84/85/86/87/88/89/90/91/92/93/94/95/96/97/98/99/100/101/102/103/104/105/106/107/108/109/110/111/112/113/114/115/116/117/118/119/120/121/122/123/124/125/126/127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/156/157/158/159/160/161/162/163/164/165/166/167/168/169/170/171/172/173/174/175/176/177/178/179/180/181/182/183/184/185/186/187/188/189/190/191/192/193/194/195/196/197/198/199/200/201/202/203/204/205/206/207/208/209/210/211/212/213/214/215/216/217/218/219/220/221/222/223/224/225/226/227/228/229/230/231/232/233/234/235/236/237/238/239/240/241/242/243/244/245/246/247/248/249/250/251/252/253/254/255/256/257/258/259/260/261/262/263/264/265/266/267/268/269/270/271/272/273/274/275/276/277/278/279/280/281/282/283/284/285/286/287/288/289/290/291/292/293/294/295/296/297/298/299/300/301/302/303/304/305/306/307/308/309/310/311/312/313/314/315/316/317/318/319/320/321/322/323/324/325/326/327/328/329/330/331/332/333/334/335/336/337/338/339/340/341/342/343/344/345/346/347/348/349/350/351/352/353/354/355/356/357/358/359/360/361/362/363/364/365/366/367/368/369/370/371/372/373/374/375/376/377/378/379/380/381/382/383/384/385/386/387/388/389/390/391/392/393/394/395/396/397/398/399/400/401/402/403/404/405/406/407/408/409/410/411/412/413/414/415/416/417/418/419/420/421/422/423/424/425/426/427/428/429/430/431/432/433/434/435/436/437/438/439/440/441/442/443/444/445/446/447/448/449/450/451/452/453/454/455/456/457/458/459/460/461/462/463/464/465/466/467/468/469/470/471/472/473/474/475/476/477/478/479/480/481/482/483/484/485/486/487/488/489/490/491/492/493/494/495/496/497/498/499/500/501/502/503/504/505/506/507/508/509/510/511/512/513/514/515/516/517/518/519/520/521/522/523/524/525/526/527/528/529/530/531/532/533/534/535/536/537/538/539/540/541/542/543/544/545/546/547/548/549/550/551/552/553/554/555/556/557/558/559/560/561/562/563/564/565/566/567/568/569/570/571/572/573/574/575/576/577/578/579/580/581/582/583/584/585/586/587/588/589/590/591/592/593/594/595/596/597/598/599/600/601/602/603/604/605/606/607/608/609/610/611/612/613/614/615/616/617/618/619/620/621/622/623/624/625/626/627/628/629/630/631/632/633/634/635/636/637/638/639/640/641/642/643/644/645/646/647/648/649/650/651/652/653/654/655/656/657/658/659/660/661/662/663/664/665/666/667/668/669/670/671/672/673/674/675/676/677/678/679/680/681/682/683/684/685/686/687/688/689/690/691/692/693/694/695/696/697/698/699/700/701/702/703/704/705/706/707/708/709/710/711/712/713/714/715/716/717/718/719/720/721/722/723/724/725/726/727/728/729/730/731/732/733/734/735/736/737/738/739/740/741/742/743/744/745/746/747/748/749/750/751/752/753/754/755/756/757/758/759/760/761/762/763/764/765/766/767/768/769/770/771/772/773/774/775/776/777/778/779/780/781/782/783/784/785/786/787/788/789/790/791/792/793/794/795/796/797/798/799/800/801/802/803/804/805/806/807/808/809/810/811/812/813/814/815/816/817/818/819/820/821/822/823/824/825/826/827/828/829/830/831/832/833/834/835/836/837/838/839/840/841/842/843/844/845/846/847/848/849/850/851/852/853/854/855/856/857/858/859/860/861/862/863/864/865/866/867/868/869/870/871/872/873/874/875/876/877/878/879/880/881/882/883/884/885/886/887/888/889/890/891/892/893/894/895/896/897/898/899/900/901/902/903/904/905/906/907/908/909/910/911/912/913/914/915/916/917/918/919/920/921/922/923/924/925/926/927/928/929/930/931/932/933/934/935/936/937/938/939/940/941/942/943/944/945/946/947/948/949/950/951/952/953/954/955/956/957/958/959/960/961/962/963/964/965/966/967/968/969/970/971/972/973/974/975/976/977/978/979/980/981/982/983/984/985/986/987/988/989/990/991/992/993/994/995/996/997/998/999/1000			
	45.5	Grão Bordo nº 0.3 RM	
	60.3	Grão Bordo nº 1.0 RM	
	80.0	Grão Bordo nº 1.5 RM	
90.0	Grão Bordo RM		

Lista, 30 de Junho de 2015

Directora Geral

Bureau Veritas Certification Portugal, Lda.
Rua S. Sebastião de Tâncos, Lote 30C
4400-015 Tâncos
PORTUGAL

pp. 12.



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

Nº 1/RM

1. Código de identificação único do produto-tipo: 1A/RM
2. Número do tipo, do lote ou da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do nº4 do artigo 11º:

Pó de Basalto RM (0/4 mm)

3. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:

"Misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação"

(de acordo com o Quadro ZA.1a da NP EN 13043:2004/AC 2010)

4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do nº5 do artigo 11º:

**Lena Agregados SA
Quinta da sardinha
Apartado 1004 Santa Catarina da Serra
2496-907 Santa Catarina da Serra
Portugal**

5. Se aplicável, nome e endereço de contacto do mandatário cujo mandato abrange os actos especificados no nº2 do artigo 12º: **NA**

6. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto no anexo V:

Sistema 2+

7. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma harmonizada:

**BUREAU VERITAS (1592)
Pólo Tecnológico de Lisboa, LT21
LISBOA 1600-485**

realizou auditoria no âmbito do sistema de controlo de produção com base na NP EN 13043:2004/AC 2010, a um produto de construção do sistema 2+ e emitiu o certificado nº 1592-CPR-0609

8. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção para o qual tenha sido emitida uma Avaliação Técnica Europeia: **NA**

9. Desempenho declarado

Notas ao quadro:

1. A coluna 1 deve conter a lista das características essenciais tal como determinadas nas especificações técnicas harmonizadas para a utilização ou utilizações previstas indicadas no ponto 3.
2. Para cada característica essencial constante da coluna 1 e de acordo com os requisitos do artigo 6º, a coluna 2 deve indicar o desempenho declarado, expresso por nível ou classe, ou por meio de uma descrição correspondente

1/2

F542.00

DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

às características essenciais respectivas. As letras DND (Desempenho Não Determinado) são indicadas se não for declarado nenhum desempenho.

3. Para cada característica essencial constante da coluna 1, a coluna 3 deve conter:

a) A referência datada da norma harmonizada correspondente e, se pertinente, o número de referência da documentação técnica específica ou adequada utilizada;

ou

b) A referência datada do documento de avaliação europeia correspondente, se disponível, e o número de referência da Avaliação Técnica Europeia utilizada.

Características essenciais (ver nota 1)	Desempenho (ver nota 2)	Especificações técnicas harmonizadas (ver nota 3)
Dimensão (d/D)	0/4 mm	NP EN 13043:2004/AC 2010
Granulometria	G _A 90	
Tolerância da Granulometria Típica	GT ₁₀	
Qualidade dos Finos	MB ₁₀	
Massa Volúmica	2,94 Mg/m ³	

Quando, nos termos do artigo 37º ou do artigo 38º, tenha sido utilizada documentação técnica específica, os requisitos a que o produto obedece: **NA**.

10. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 9.

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por:
Paulo Primitivo Pereira – Administração

Quinta da Sardinha, 15 de Março de 2016

