



Universidade Fernando Pessoa

Faculdade ciências e tecnologia

JULIO FELIX – ALUNO Nº19008

SUMÁRIO

Os novos desígnios de sociedade indicam, que o desenvolvimento sustentável é indispensável, para garantir a qualidade de vida das gerações futuras. A indústria da construção é dos setores, que mais pode contribuir para a essa sustentabilidade, uma vez que este é um setor de grandes consumos de recursos naturais, de energia e é também paralelamente um grande gerador de resíduos de construção e demolição.

Na primeira fase estudo com base na pesquisa efetuada, foi realizado o enquadramento da reabilitação no atual contexto da indústria da construção. É indicada a situação atual do setor, as suas tendências, as principais linhas de evolução no futuro e a importância da reabilitação, como referência da solução estratégica para setor.

Sendo o tema desta dissertação a Reciclagem de Pavimentos Flexíveis, foi realizado a caracterização da atual rede rodoviária e a introduzida a temática da reciclagem, com a apresentação e descrição dos diversos tipos de reciclagem em função das diferentes variáveis com influência no processo construtivo, como seja o local de reciclagem, a temperatura em que se realiza o processo e o ligante utilizado.

Após a indicação dos diversos tipos de reciclagem e as suas especificidades e de forma a definir em que situação é que cada uma deles constitui uma alternativa viável de reabilitação de um pavimento flexível, foi apresentado o caso de estudo, que se refere à “Subconcessão da Autoestrada do Baixo Alentejo – Reabilitação Lanço H-IP2 Beja /Castro Verde/A2/IP1). As várias soluções técnicas adotadas permitiram efetuar um diagnóstico dos vários tipos de patologias encontradas caracterizar os diferentes processos construtivos e evidenciar os materiais equipamentos usados e fases de construção adotadas.

No final é realizada uma análise comparativa das diversas soluções adotadas, quais as vantagens e desvantagens dos diversos processos no sentido de perceber qual a solução a mais vantajosa de acordo com os parâmetros e critérios exigíveis em termos técnicos económicos e ambientais.

ABSTRACT

The new designs of society indicate that sustainable development is essential to ensure the quality of life of future generations. The construction industry is among the sectors that can contribute more to this sustainability, since this sector is a large consumption of natural resources, energy and parallel is also a major generator of construction and demolition waste.

In the first phase study based on the survey conducted, we performed the framework of rehabilitation in the current context of the construction industry. It indicated the current situation of the industry, its trends, the main lines of development in the future and the importance of rehabilitation as a reference solution for strategic sector. Being the subject of this dissertation Recycling Flexible Pavements, was performed characterizing the current road network and introduced the theme of recycling, with the presentation and description of different types of recycling as a function of different variables which influence the construction process, such as the recycling location, the temperature at which the process is carried out and the binder used. Upon indication of the different types of recycling and its specific shape and define that situation is that each of them is a viable alternative rehabilitation of a flexible pavement, was presented the case study, which refers to "the Subconcession Freeway Alentejo - Rehabilitation haul H-IP2 Beja / Castro Verde/A2/IP1). Various technical solutions adopted allowed to perform a diagnosis of the various types of pathologies found characterize the different construction processes and material evidence used equipment and construction phases adopted.

At the end is performed a comparative analysis of the various solutions adopted, what are the advantages and disadvantages of the various processes in order to find out the most advantageous solution in accordance with the parameters and criteria required in technical economic and environmental.

"A engenharia...num sentido lato...consiste na utilização economicamente racional da ciência em prol da humanidade". Vannevar Bush (1939).

DEDICATORIA

Dedico este trabalho à minha esposa Cristina, que infelizmente faleceu em 26 Janeiro 2012 e não viveu o tempo suficiente para testemunhar este trabalho e aos meus filhos Isabel Félix e Hugo Félix que presentemente são a razão da minha vida.



AGRADECIMENTOS

A presente dissertação foi orientada pela Doutora Filipa Maria Vidal Pinheiro Malafaya- Batista, Professora e Coordenadora do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Fernando Pessoa.

Manifesto o meu agradecimento à Universidade Fernando Pessoa pelo apoio institucional, prestado.

Agradeço à Doutora Filipa Malafaya-Batista a orientação, o interesse demonstrado a permanente disponibilidade e todos ensinamentos transmitidos.

Agradeço aos meus colegas de curso pelo companheirismo, apoio e carinho que manifestaram ao longo deste longo percurso académico.

Agradeço à Conduril Engenharia S.A que me formou como profissional, onde sou funcionário desde 1988, sendo que com tão longo percurso, obviamente existiria muita gente a quem agradecer, no entanto cumpre-me realçar o Srº Engº Amorim Martins, principal mentor e referência da organização. A srª Engª Benedita Martins atual Presidente do Conselho de Administração. O Engº Carlos Custódio que foi o meu primeiro Diretor de Obra. O Engº Alvaro Vaz, por ser o meu patrono e pelos anos que trabalhamos juntos e os meus colaboradores diretos nomeadamente os encarregados Manuel Sousa e Serafim Ferreira, que com o seu saber fazer complementaram os meus conhecimentos académicos.

A todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram para que este trabalho fosse uma realidade.

Finalmente agradeço a toda minha família, especialmente à minha esposa que infelizmente faleceu antes da conclusão deste trabalho, mas que testemunha os fatos num plano superior e aos meus filhos pelo apoio, carinho e incentivo.

ÍNDICE

SUMÁRIO	i
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMENTOS.....	v
ÍNDICE	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE QUADROS.....	ix
INDICE DE GRÁFICOS	x
INTRODUÇÃO	- 1 -
I. ENQUADRAMENTO DA REABILITAÇÃO	- 3 -
I.1. NOÇÕES GERAIS DE REABILITAÇÃO	- 4 -
I.2. IMPORTANCIA DA REABILITAÇÃO.....	- 7 -
I.3. SITUAÇÃO ACTUAL DA REDE RODOVIÁRIA NACIONAL	- 10 -
I.4. REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS IMPORTÂNCIA E URGÊNCIA	- 15 -
II. TIPOS DE RECICLAGEM PAVIMENTOS FLEXIVEIS.....	- 17 -
II.1 RECICLAGEM “IN SITU” A FRIO.....	- 18 -
II.2 RECICLAGEM A FRIO/SEMIQUENTE COM BETUME ESPUMA.....	- 18 -
II.3 RECICLAGEM “IN SITU” A QUENTE.....	- 19 -
II.4 RECICLAGEM EM CENTRAL.....	- 20 -
III CASO DE ESTUDO	- 22 -
III.1. CARATERIZAÇÃO GERAL.....	- 22 -
III.2 CARATERIZAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE	- 23 -
III.3. PROPOSTA DE REABILITAÇÃO.....	- 24 -
III.4. MÉTODOS CONSTRUTIVOS ASSOCIADOS ÀS DIFERENTES SOLUÇÕES ..-	26 -
III.4.1. Reparação Zonas que Apresentam Depressões do Pavimento e Degradações.....	- 26 -
III.4.2. Aplicação de Rega de Aderência.....	- 29 -
III.4.3. Aplicação de Geogrelha de Reforço e Anti-reflexão de Fissuras.....	- 31 -
III.4.4. Reciclagem “In Sito” a Frio do Pavimento com Cimento.....	- 33 -
III.4.5. Saneamento de Toda a Estrutura do Pavimento Existente	- 38 -
III.4. 6.Fresagem Pavimento e Aplicação da Camada Betuminosa.	- 39 -
III.4.7. Reforço em Misturas Betuminosas.....	- 40 -
III.5. ANÁLISE ECONÓMICA DAS VÁRIAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO /	
RECICLAGEM.....	- 42 -

III.5.1. Análise Comparativa - Reciclagem “In Sito” a Frio do Pavimento com Cimento / Saneamento de toda Estrutura Pavimento Existente	43 -
III.5.2. Análise Comparativa - Fresagem do Pavimento e Reposição com Misturas Betuminosas/Fresagem do Pavimento e Reposição com Misturas Betuminosas Recicladas. -	46 -
CONCLUSÃO	51 -
BIBLIOGRAFIA.....	53 -
ANEXOS.....	55 -

INDICE DE FIGURAS

Figura I. 1 - Projeto de Rede Estradas Diretas, 1843 (INIR,2011)	10 -
Figura I. 2 – Projeto de Rede Estradas PNR1945 (INIR,2011)	12 -
Figura I. 3 – Projeto de Rede Estradas PNR 86 (INIR,2011)	14 -
Figura I. 4 – Evolução do Estado Pavimento (Batista,2004)	16 -
Figura II. 1 – Equipamento de Reciclagem In Situ a Frio.....	18 -
Figura II. 2 - Extraída em 11 Jan 2013 (14.06.24) http://www.engenhariacivil.com	19 -
Figura II. 3 - Extraída em 11 Jan 2013 (14.42.36), http://portuguese.alibaba.com/product-gs/sy4500-hot-recycler-in-situ-476739299.html	20 -
Figura II. 4 - Funcionamento de uma Central Betuminosa Contínua Adaptada para o Fabrico de Misturas Betuminosas com Material Fresado (Azevedo,2009b).	21 -
Figura II. 5 - Funcionamento de uma Central Betuminosa Descontínua com Incorporação do Material Fresado a Frio (Azevedo,2009b).	21 -
Figura III. 1 – Localização do Traçado do Lanço H (Memoria Descritiva Projeto,2010)	22 -
Figura III. 2 – Perfil Transv. Tipo Plena Via Lanço H (Memória Descritiva Projeto,2010) ..	23 -
Figura III. 3 - Equipa a Realizar a Reparação de Fendilhamento/Fendas Fadiga	26 -
Figura III. 4 - Fendas do Tipo Pele Crocodilo	27 -
Figura III. 5 - Preenchidas com Micro betão (0/10).....	27 -
Figura III. 6 - “Bob-Cat “ com Vassoura Mecânica Acoplada.....	29 -
Figura III. 7 - Superfície de Pavimento Limpa Pronta para Receber a Rega Colagem.....	30 -
Figura III. 8 - Superfície de Pavimento com a Rega Colagem.....	30 -
Figura III. 9 - Geogrelha de Reforço do Pavimento.....	32 -
Figura III. 10 - Máquina Recicladora.....	33 -
Figura III. 11 - Rotor da Máquina Recicladora	34 -
Figura III. 12 - Incorporação do Cimento	35 -
Figura III. 13 - Aspeto do Material Fresado.....	36 -
Figura III. 14 - Motoniveladora a Realizar o Nivelamento da Camada	37 -
Figura III. 15 - Cilindro de Rolos a Realizar a Compactação da Camada	37 -
Figura III. 16 - Processo de Britagem com Britadeira Móvel	39 -
Figura III. 17 - Fresagem do Pavimento Existente.....	39 -
Figura III. 18 - Espalhadora Mecânica.....	41 -
Figura III. 19 - Cilindro de Pneus	41 -
Figura III. 20 - Cilindro Rolos Liso	42 -
Figura III. 21 - Estrutura Pavimento Final nos Locais com Ruína na Fundação	43 -
Figura III. 22- Estrutura Pavimento Final nos Locais com Fundação Aceitável	47 -

INDICE DE QUADROS

Quadro Nº I. 1 - Extraído em 01 Maio 2012 (11.58.14) http://www.ine.pt	8 -
Quadro Nº I. 2 - Extraído em 01 Maio 2012 (12.02.06) http://www.ine.pt	8 -
Quadro III. 1- Composição da mistura incorp. material fresado, Anexo2 Estudo MotaEngil . - 40	-
Quadro III. 2- Preço Final Reciclagem de Pavimento In Situ com Cimento.....	44 -
Quadro III. 3 – Decomposição Preço Reciclagem de Pavimento In Situ c/ Cimento	44 -
Quadro III. 4 – Preço Final Remoção e Britagem do Pavimento Existente	44 -
Quadro III. 5 – Decomposição Preço Remoção Britagem do Pavimento Existente	44 -
Quadro III. 6 – Preço Final do Saneamento da Estrutura Pavimento Existente Reposição e Colocação Material a Vazadouro	45 -
Quadro III. 7 - Decomposição Preço Saneamento estrutura Pavimento Existente e Colocação Material a Vazadouro	45 -
Quadro III. 8- Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas	47 -
Quadro III. 9- Decomposição Preço Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas	47 -
Quadro III. 10- Preço Final Remoção Britagem do Pavimento Existente.....	48 -
Quadro III. 11- Decomposição Preço da Remoção Britagem do Pavimento Existente	48 -
Quadro III. 12 – Preço Final da Fresagem Pavimento Colocação Material a Vazadouro e Reposição c/ Misturas Betuminosas.....	49 -
Quadro III. 13 – Decomposição do Preço da Fresagem Pavimento Colocação Material a Vazadouro c/ Misturas Betuminosas.....	49 -

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico III. 1 – Remoção Britagem Pavimento Existente / Reciclagem In Situ com Cimento. - 45	
-	
Gráfico III. 2 - Saneamento da Estrutura Pavimento Colocação Vazadouro e Reposição / Reciclagem de Pavimento c/ Cimento In Situ.....	- 46 -
Gráfico III. 3- Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas/Fresagem Pavimento c/ Misturas Betuminosas Recicladas	- 48 -
Grafico III. 4 - Fresagem Pavimento, Colocação Material a Vazadouro e Reposição c/ Misturas Betuminosas/Fresagem Pavimento c/ Reposição Misturas Recicladas.....	- 49 -

INTRODUÇÃO

A rede rodoviária Portuguesa teve uma evolução muito significativa a partir dos anos 80. Com a entrada de Portugal na Comunidade Europeia e devido ao facto de ter beneficiado dos fundos estruturais, foi estabelecido o objetivo estratégico da aproximação à União Europeia e a redução das assimetrias regionais. Neste contexto, com o aumento significativo do volume tráfego foram realizadas grandes obras na rede rodoviária nacional, nomeadamente a rede de autoestradas nacional, a rede dos itinerários principais, os itinerários complementares, o melhoramento do acesso a alguns concelhos e o fecho de algumas malhas viárias.

Atualmente assiste-se a uma deterioração progressiva e permanente da qualidade desta rede viária, o que irá conduzir num futuro próximo, a grandes investimentos em intervenções de reabilitação. Atendendo à crescente redução dos recursos naturais, a reciclagem dos pavimentos surge como solução harmoniosa no sentido de resolver a solução do problema da reabilitação dos pavimentos, tendo presente a estratégia atual de desenvolvimento sustentável.

A presente dissertação corresponde ao Trabalho Final do 2º ciclo de estudos do Mestrado em Engenharia Civil da Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa. O tema desenvolvido refere-se à “ Reciclagem de Pavimentos Rodoviários Flexíveis.

Os factos referenciados relativos ao atual estado da rede rodoviária nacional, a crescente redução dos recursos naturais, a importância aprofundar os conhecimentos adquiridos na área da pavimentação, o conhecimento das técnicas convencionais e inovadoras passíveis de serem utilizadas em cada caso, bem como as respetivas vantagens e desvantagens, levaram à escolha deste tema para o desenvolvimento deste trabalho. No entanto o objetivo último, consiste na comparação das várias soluções adotadas no caso de estudo, no sentido da tomada de decisão qual solução ideal de acordo com os critérios técnicos, económicos e ambientais.

A presente dissertação está organizada em quatro capítulos principais, com os seguintes conteúdos:

No primeiro capítulo é realizado o enquadramento geral da temática da reabilitação no âmbito da construção, tendo em atenção o atual panorama nacional e internacional, sendo referenciada a importância da reabilitação, como objetivo prioritário do futuro da construção.

No subcapítulo I.1 são indicadas noções gerais de reabilitação na construção e é realizada a caracterização dos diferentes tipos de intervenção a nível da reabilitação, nomeadamente a nível da reabilitação do edifício, da reabilitação urbana, da reabilitação

rodoviária, dos aeroportos, das redes abastecimento de água e rede águas pluviais, dos portos e das barragens.

No Subcapítulo I.2 é retratada importância da reabilitação na atual conjuntura como estratégia de desenvolvimento econômica sustentável e como solução da atual crise do setor da construção.

O Subcapítulo I.3 como o objeto de estudo incide sobre a reciclagem de pavimentos é apresentada e dada a conhecer a situação atual da rede rodoviária nacional e a sua evolução histórica.

O Subcapítulo I.4 refere-se à importância, urgência e à necessidade de obras de conservação e reabilitação da rede rodoviária nacional no sentido de se garantir o nível exigido de condições de circulação, conforto e segurança.

O Segundo capítulo é feita a apresentação e uma abordagem aos diferentes tipos de reciclagem de pavimentos flexíveis, do ponto de vista das diferentes variáveis, nomeadamente o local da reciclagem, a temperatura do processo e o ligante utilizado.

O capítulo seguinte é retratado o caso em estudo. Numa primeira fase é feita a apresentação e caracterização da empreitada. Em seguida retrata-se o estado do pavimento existente e a proposta de reabilitação preconizada em projeto. Depois são referidos os diversos métodos construtivos, referente às diversas soluções adotadas. E por fim é feita a análise comparativa das diferentes soluções.

No capítulo quatro são apresentadas as considerações finais quanto ao objetivo e as principais conclusões deste trabalho.

A metodologia utilizada consistiu na leitura e análise de estudos prospetivos, documentos de orientação estratégica, memória descritiva e justificativa do caso em estudo e outros documentos encontrados em pesquisa relevantes para a temática em discussão.

I. ENQUADRAMENTO DA REABILITAÇÃO

Presentemente vive-se um período de recessão grave, que para muitos analistas económicos só tem paralelo histórico com o que aconteceu no Sec. XX com a crise de 1929. Neste quadro o setor da construção tem um papel decisivo no desenvolvimento da economia e terá sido a crise imobiliária aliado a outros fatores de índole económica, política e financeira que provocaram o atual momento. Em Portugal o setor da construção já dava há algum tempo sinais negativos evidentes. Segundo FEPICOP-Federação Portuguesa da Industria Construção Civil e Obras Públicas (2012), o ano de 2011 apresentou o pior registo de que há memoria, em que os indicadores apontam para uma quebra de produção de cerca de 9,4 % , fruto de reduções de atividade de 17% na Habitação, de 8,5% nos edifícios e de 5 % na Engenharia Civil. Esta tendência de queda foi uma reação normal do mercado tendo em atenção a conjuntura macro económica e o excesso da oferta originado pela construção maciça dos últimos anos. É por isso fundamental perceber os erros do passado e adotar soluções que invertam esta tendência e garantam a resolução do problema no futuro.

O discurso da reabilitação está hoje presente nos variados setores da sociedade. Se no passado a reabilitação surgia como uma estratégia válida para salvaguardar o património existente, atualmente a necessidade de redução e contenção de custos, as questões ambientais motivadas pela escassez de recursos e pela necessidade de reaproveitamento dos existentes apontam a reabilitação como objetivo estratégico prioritário para o Futuro.

I.1. NOÇÕES GERAIS DE REABILITAÇÃO

No contexto atual e devido à saturação do mercado originado pelo surto massivo de construção nova, emergem presentemente no setor da construção os vários “R” recuperação, renovação, revitalização, requalificação, reparação, reforço, reestruturação mas sobretudo reabilitação (Vitor Coiás,2007).

Desta terminologia existem três tipos de obras que importa distinguir (Vitor Coiás,2007):

- Obras de conservação, que englobam todos os trabalhos manutenção, necessários do ponto de vista funcional ou estético.
- As obras de beneficiação que tem por objetivo a melhoria do desempenho, sem que exista alteração da estrutura existente.
- As obras de reabilitação que englobam as obras de beneficiação e têm como objetivo principal a recuperação, podendo inclusive ser efetuada a alteração do seu uso inicial.

Com a reabilitação procura-se resolver anomalias construtivas, funcionais, higiénicas e de segurança, procedendo a uma modernização do desempenho, de acordo com os atuais níveis de exigência e qualidade. A tipologia das obras de reabilitação na construção é diversa. Numa ótica de análise, classificação e orientação estratégica, há que considerar diferentes tipos de intervenção. Em primeiro lugar a reabilitação a nível do edifício, em que a reabilitação do património edificado é uma inquestionável prioridade e componente indispensável da política de desenvolvimento económico sustentável de Portugal, da política das cidades e da política de habitação. Verifica-se que o estado de conservação quer do parque habitacional e não habitacional de propriedade privada e pública, do património histórico e cultural é, na generalidade, manifestamente deficiente, incluindo casos de abandono, mau estado e degradação das condições de utilização, de salubridade, de estética e de segurança, uma realidade demasiadamente frequente e generalizada.

Neste tipo reabilitação tem que se distinguir os edifícios correntes, dos outros que representam valor patrimonial cultural. No primeiro caso, o objetivo é recuperar o edifício, de forma que este passe a ser equivalente aos novos edifícios. Isto é que esteja de acordo com os parâmetros exigidos nos vários níveis de qualidade, conforto e comportamento energético. No segundo caso, a reabilitação tem como objetivo prioritário preservar as características que transmitem o seu valor histórico cultural e arquitetónico.

Quanto à reabilitação urbana é indubitavelmente uma questão fundamental na análise do futuro da construção e constitui um instrumento imprescindível para a qualificação e desenvolvimento das cidades. A reabilitação urbana compreende todas as estratégias necessárias para a organização das cidades, nos vários níveis, socioeconómicos, ambientais e funcionais. O objetivo será dotar as cidades dos meios necessários a nível do parque edificado, equipamento, infraestruturas, instalações e espaços livres, acessibilidades internas, de forma que se garanta elevada qualidade de vida às populações.

Relativamente às redes de infraestruturas viárias, no caso da reabilitação rodoviária, nos últimos anos assistiu-se a uma implementação muito significativa da rede rodoviária da qual resultou um património de milhares quilómetros de vias rodoviárias constituída por autoestradas, itinerários principais e complementares, estradas nacionais, regionais, municipais e arruamentos. A reabilitação rodoviária tem como objetivo, garantir e valorizar todas as acessibilidades no sentido de reunir as melhores condições de satisfação, dando resposta às necessidades de mobilidade, à articulação dos centros urbanos com as áreas rurais e às ligações com exterior. Pretende-se assegurar o bom funcionamento nas ligações das principais cidades do País, do Litoral com o interior, o Norte com o Sul do País e assegurar ainda as principais ligações com as fronteiras.

Nas intervenções deste tipo deve-se assegurar:

- Melhores níveis de serviço
- Melhorar as condições de conforto
- Reduzir a sinistralidade
- Minimizar os impactos ambientais e territoriais
- Otimizar as relações Custo/Benefício
- Garantir a coerência da rede
- Reduzir os tempos de percurso

No caso da reabilitação ferroviária, as orientações estratégicas da política europeia de transportes apontam para o favorecimento do modo ferroviário em detrimento do rodoviário por razões de maior sustentabilidade económica e ambiental. De acordo com estes pressupostos, a reabilitação ferroviária deverá ser equacionada como objetivo estratégico num futuro próximo. As soluções a implementar passam por aumentar a extensão das linhas eletrificadas, da via dupla ou superior, ajustar as linhas à bitola europeia e promover a manutenção da infraestrutura existente.

A nível das acessibilidades importa referir também a reabilitação dos Portos, onde a localização geográfica de Portugal como país mais a Ocidente da Europa e a extensão da sua frente marítima, com uma zona económica exclusiva das maiores do mundo, é fator muito importante de competitividade do país no espaço Europeu e que deve ser considerado. No entanto, para se obter o enquadramento necessário, é preciso dotar de condições compatíveis, com as infraestruturas portuárias existentes, sejam portos de mercadorias, de passageiros ou de pescas.

Como objetivos a considerar há que criar condições para que Portugal se possa transformar numa plataforma logística quer no âmbito de transporte mercadorias quer no âmbito de transporte de passageiros.

Finalmente refere-se no quadro das acessibilidades a reabilitação dos aeroportos, uma vez que de acordo com a presente conjuntura e tendo em atenção ao facto do governo não avançar com a construção de novo Aeroporto de Lisboa, a reabilitação dos existentes ganha mais consistência. Assim e de acordo com estes pressupostos, há a necessidade de transformar os aeroportos existentes, com os parâmetros atuais de qualidade e conforto e de os capacitar, de forma a dar uma resposta eficiente às necessidades presentes, uma vez que o fluxo de passageiros e mercadorias estão a aumentar significativamente.

Outra área importante prende-se com a reabilitação das redes de abastecimento água e redes de águas residuais que assume elevado interesse económico e social, uma vez que deste tipo de obras depende a saúde pública, o bem estar das populações a proteção do ambiente e as atividades económicas. Neste tipo de ação o objetivo será aumentar a capacidade e a eficiência de forma a responder à crescente exigência por parte dos consumidores.

Outro exemplo ainda refere-se à reabilitação de barragens dado que presentemente em Portugal existem cerca de 168 grandes barragens estando mais algumas em execução de acordo “Programa Nacional de Barragens”. Este tipo de infraestruturas são construídas para garantir o abastecimento de água às populações, fornecimento de energia elétrica e rega, sendo estas as que existem em maior número.

Este tipo de obras pelas suas características exigem um maior rigor e técnicas específicas na manutenção e reabilitações a realizar. Devido ao elevado nível de exigência nomeadamente no tratamento de fissuras, na selagem de fugas, as técnicas adotadas servem de exemplo, para apuramento de soluções e dá origem a avanços tecnológicos importantes para obras de outro tipo, como pontes ou edifícios.

I.2. IMPORTANCIA DA REABILITAÇÃO

A conjuntura atual da economia Portuguesa é muito grave e torna-se necessário num futuro já a curto prazo encontrar a melhor opção estratégica que permita crescer, de forma sustentável a médio e a longo prazo. Existe por isso a necessidade de encontrar novas estratégias dinamizadoras de desenvolvimento e novos padrões de competitividade.

Neste novo paradigma de desenvolvimento é fundamental que as opções a tomar tenham por base as potencialidades de Portugal como País, que haja uma aposta clara e objetiva nos produtos ou serviços em que Portugal é efetivamente competitivo. No setor da construção, para a responder aos novos desafios e aos presentes desígnios da sustentabilidade, há a necessidade de reorientar as tendências verificadas nas últimas décadas e que se transite do ciclo da quantidade para o da qualidade.

Os resultados da publicação “2010_ Estatística para Construção “ evidenciam o seguinte: Na última década (2001-2010), o número de edifícios de habitação familiar clássica cresceu 8,5% e o número de fogos aumentou 12,6%, face ao último Recenseamento da Habitação (2001). O número médio de habitantes por fogo, em 2010, diminuiu 8,4%, respetivamente de 2,02 para 1,85 e o número de fogos por edifício cresceu 3,8%, de 1,6 para 1,66. Em 2010 foram licenciados 27 775 edifícios, que no total incluíam 32 490 fogos. Os edifícios concluídos em 2010 cifraram-se nos 31 887, correspondendo a 50 055 fogos. Em 2010 23,1% dos edifícios concluídos diziam respeito a reabilitações (Alterações, Ampliações e Reconstruções), o que representa um crescimento de 1,3 pontos percentuais face a 2009 (21,8%). Entre 2004 e 2010 os edifícios licenciados em construções novas para habitação familiar viram o seu peso no total diminuir 10,3 pontos percentuais evidenciando o peso crescente da reabilitação do edificado. Face ao valor registado em 2004, o número total de edifícios licenciados em 2010 decresceu 47,2% e o número de edifícios licenciados em construções novas para habitação familiar diminuiu 55,7%. Cerca de 41,8% dos fogos licenciados em construções novas para habitação inserem-se em edifícios de apartamentos. O sector privado é responsável por cerca de 99,0% do número total de edifícios concluídos em 2010.

A dinâmica construtiva dos últimos tempos faz com que uma parte significativa do parque habitacional seja relativamente jovem, originando que os índices de envelhecimento sejam relativamente baixos. Os municípios de Lisboa e Porto são os que têm o parque habitacional mais envelhecido, sendo os seus índices de envelhecimento 11,1 e 11,2% respetivamente e que 31 municípios apresentam índices de envelhecimento inferiores a 1, o que significa que as construções realizadas na última década superam o edificado até 1960 (Censos, 2011).

No âmbito da rede viária, os dados publicados pelo Instituto Nacional de Estatística indicam que a extensão da rede rodoviária nacional, atingiu em 31 Dezembro de 2010, os 13123 Km, de acordo com a distribuição do seguinte quadro:

Localização geográfica (Distrito)		Extensão da rede nacional rodoviária (km) por Localização geográfica (Distrito)
Continente	1	13123
Aveiro	01	489
Beja	02	914
Braga	03	829
Bragança	04	663
Castelo Branco	05	641
Coimbra	06	715
Évora	07	926
Faro	08	752
Guarda	09	696
Leiria	10	610
Lisboa	11	816
Portalegre	12	702
Porto	13	756
Santarém	14	808
Setúbal	15	874
Viana do Castelo	16	457
Vila Real	17	613
Viseu	18	863

Quadro Nº I. 1 - Extraído em 01 Maio 2012 (11.58.14) <http://www.ine.pt>

Na rede de autoestradas em 31 Dezembro de 2010 existiam 2737 Km de acordo com seguinte quadro:

Período de referência dos dados	Tipo de rede rodoviária	Extensão da rede nacional de auto-estradas (km)	
31 de Dezembro de 2010	Autoestradas	2737	
	Com portagem		x
	Sem portagem		x

Quadro Nº I. 2 - Extraído em 01 Maio 2012 (12.02.06) <http://www.ine.pt>

O aumento significativo da rede viária originará no futuro a necessidade da sua preservação, reparação e conservação.

Analisando os dados apresentados desta vertente da construção, percebe-se a tendência de mercado para a crescente importância da renovação para o futuro. Esta tendência tem muito a ver com a queda significativa da construção nova e com deterioração do existente, pelo que existe a necessidade de procurar alternativas reais.

No entanto, há uma série de outros fatores a incentivar este mercado (FEPICOP-Federação Portuguesa da Indústria Construção Civil e Obras Públicas, 2012):

- O envelhecimento gradual do parque habitacional, das infraestruturas criadas nos últimos anos aos vários níveis nomeadamente: enquadramento urbano, rede abastecimento água e rede águas residuais, acessibilidades rodoviárias, ferroviárias fluviais e aeroportuárias.
- A consciência de que a renovação é um investimento a longo prazo que agrega valor à propriedade.
- A perspectiva da melhoria gradual do ambiente macroeconómico e portanto o aumento do rendimento disponível.
- Programas públicos de incentivo.
- Revisão do quadro jurídico que regula o mercado de arrendamento
- A renovação esperada para um bom desempenho nos próximos anos, apesar da existência de riscos, para que o balanço seja positivo.

O mercado da reabilitação consiste num segmento de mercado onde, segundo o estudo “ Construção uma Visão de Futuro “, elaborado pela AECOPS o valor estimado nos próximos 20 anos estará nos 200 mil milhões euros. Atendendo ao universo do País este valor é bastante significativo e será provavelmente a solução indicada para inverter a atual realidade e definir a estratégia ideal para o futuro.

Em 1920, procedeu-se à reorganização do Ministério do Comércio e Comunicações e foi criada a Administração Geral das Estradas e Turismo. Foi instituído o Fundo de Viação e Turismo, para gerir os encargos com o serviço das estradas e o desenvolvimento do turismo, constituído por verbas orçamentais e pelo produto as taxas e rendas então estabelecidas.

O ano de 1926 marcou o fim da 1.^a República e em 1927, através do Decreto-Lei n.º 13 969, de 20 de Julho, foi criada a Junta Autónoma das Estradas (JAE) e a Direcção-Geral de Estradas e foi extinta a Administração Geral das Estradas e Turismo.

Em 1928, as vias foram agrupadas em estradas nacionais (de 1.^a e 2.^a classes), que ficavam sob a alçada do Estado, e em estradas municipais e caminhos públicos, que ficavam sob a responsabilidade dos municípios.

No ano de 1945 foi publicado o primeiro Plano Rodoviário Nacional (PRN 45 - Decreto-Lei n.º 34 593, de 11 de Maio), em que se procedeu à reorganização da Junta Autónoma das Estradas (Decreto-Lei n.º 35 434, de 31 de Dezembro), foi concluída a compilação dos resultados do primeiro recenseamento do trânsito nas estradas nacionais e seus ramais, que ocorreu nos anos de 1937 e 1938, com o objetivo da sua caracterização, ao nível da sua natureza e da sua intensidade.

O PRN 45 foi o primeiro diploma normativo de grande importância para o sector das estradas em Portugal, onde foram estabelecidas regras para a classificação das estradas nacionais² (1.^a, 2.^a e 3.^a classes), estradas municipais e caminhos públicos, fixando as respetivas características técnicas. Este plano alargou a rede de estradas nacionais classificadas para cerca de 20 600 km, o que se traduziu em benefícios para as regiões que se encontravam mais isoladas, mas também em maiores responsabilidades para a JAE pelo aumento do volume de trabalho, e consequentemente maior necessidade de investimentos financeiros.

A década de 40 termina com a publicação de um conjunto de legislação de interesse para as estradas nacionais, sendo talvez a mais importante o Estatuto das Estradas Nacionais, aprovado e publicado pela Lei n.º 2 037, de 19 de Agosto de 1949.

Os recenseamentos de tráfego realizados em 1955 e 1960 dão conta de uma taxa média de crescimento anual de cerca de 8%. Com um avultado esforço financeiro, a JAE construiu neste período obras como a Via Norte, a Autoestrada do Norte (troço entre Lisboa e Vila Franca de Xira e entre os Carvalhos e o Porto), a Ponte da Arrábida e a Via Rápida da Caparica. Em 1960 foi aberto um concurso internacional para a execução da obra da ponte sobre o rio Tejo em Lisboa, que foi adjudicada em 1962 e inaugurada em 1966. No final do período de 1950-1965 a extensão de estradas nacionais construídas atingia 17 860 km, ficando apenas a faltar cerca de 2 700 km para que o PRN de 1945 fosse considerado totalmente realizado. Em 1972, foi outorgada à Brisa - Autoestradas de Portugal a concessão para construção, conservação e exploração, em regime de portagens, de uma rede de autoestradas, que deixou assim de estar a cargo da JAE.

Desde o final do Estado Novo, em 1974, até à entrada na Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1986, a JAE recebeu diversos financiamentos externos, não só do Banco Mundial, mas também da CEE (iniciados em 1984, um pouco antes da adesão em 1986) e do Banco Europeu de Investimento. Estes financiamentos serviram em grande medida para a reconstrução e modernização da rede fundamental, para que esta se compatibilizasse com as funções que desempenhava no esquema viário nacional, procurando assim atenuar as assimetrias regionais. Também as ligações com Espanha foram melhoradas, tornando-se mais cómodas, seguras e económicas. Assim, entre 1977 e 1986 foram construídos ou reconstruídos cerca de 1 900 km de estradas e reabilitados perto de 3 000 km de pavimentos, em alguns casos, com o alargamento da faixa de rodagem e construção de vias especiais para veículos lentos.

Em 1985 foi concluída a revisão do PRN de 1945, sendo promulgado o novo Plano Nacional Rodoviário pelo Decreto-Lei n.º 380/85, de 26 de Setembro, que criou os conceitos de rede nacional fundamental e de rede nacional complementar e desclassificou cerca de 12 000 km estradas nacionais a transferir para as autarquias, passando a integrar a rede municipal.

No PRN 85 a rede nacional tem cerca de 10000 km de extensão, dos quais 2700 km constituem a rede fundamental, constituída pelos itinerários principais (IPs) rede estratégica nacional e internacional, e 7300 km que constituíam a rede complementar na qual constavam os itinerários complementares (ICs), com cerca de 2500 km, e outras estradas (OE) com cerca de 4800 km. Cerca de 80% da rede fundamental está integrada na rede europeia de estradas de grande tráfego (GETI).



Figura I. 2 – Projeto de Rede Estradas PNR1945 (INIR,2011)

Os financiamentos decorrentes da integração de Portugal na CEE criaram a oportunidade para se realizar um conjunto significativo de obras. Entre 1990 e 1995, foram construídos mais de 800 km de IPs e cerca de 350 km de ICs.

Em meados dos anos 90, iniciaram-se os processos de contratação de parcerias entre o Estado e privados para antecipação da concretização do PRN 2000. A concessão das travessias sobre o rio Tejo, foi atribuída à Lusoponte em 1994 e no final dos anos noventa, foi lançado o programa de concessões em parceria público-privada com a contratação para construção e operação da rede de autoestradas em regime de portagem real em regime de portagem sem cobrança aos utilizadores (SCUT).

Em 1996 foi proposta a revisão do PRN 85 e em 1998 foi publicado o Plano Rodoviário Nacional 2000 (PRN 2000). Em 1998, coincidindo com o grande acontecimento que foi a EXPO'98, foi inaugurada a 2ª travessia sobre o rio Tejo. A nova ponte Vasco da Gama veio contribuir para o descongestionamento da ponte 25 de Abril, assim como proporcionar uma nova ligação entre o Norte e o Sul do País e com Espanha. No PRN 2000 é definida a designação de Estradas Nacionais (ENs - estradas com importância nacional) e desaparece a designação de OEs, passando a rede nacional complementar a ser constituída por ICs e ENs. Além da rede rodoviária nacional foi criada uma nova categoria viária, as estradas regionais (ERs), com importância supraconcelhia.

No novo plano rodoviário nacional foi incluída uma rede nacional de autoestradas com cerca de 3 000 km de extensão, correspondente a mais de metade da extensão da rede de itinerários principais e itinerários complementares. De acordo com o Decreto-Lei n.º 222/98, de 17 de Julho, a rede rodoviária nacional do PRN 85 com cerca de 9 900 km, foi alargada para 11 350 km através da inclusão e reclassificação de novos percursos. Aquele diploma sofreu posteriormente alterações introduzidas pela Lei n.º 98/989, de 26 de Julho, pela Declaração de Retificação n.º 19-D/98 e pelo Decreto-lei n.º 182/2003, de 16 de Agosto.

Foi alargado o nível de cobertura do território, com a criação de 10 novos itinerários complementares, somando um total de 34 itinerários e promovidas alterações em 10 outros itinerários complementares constantes do anterior PRN10.

No PRN 2000, relativamente ao PRN 85, foi aumentada a densidade de outras estradas nas zonas fronteiriças, promovido o fecho de malhas viárias, assim como melhoria da acessibilidade a alguns concelhos, com o objetivo de contribuir para a correção das assimetrias que ainda se verificavam no desenvolvimento socioeconómico do País.

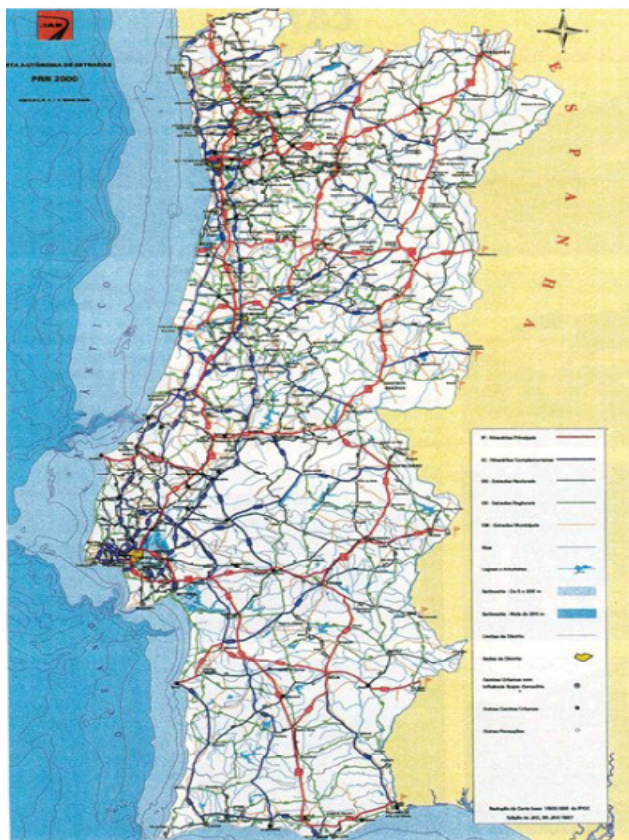


Figura I. 3 – Projeto de Rede Estradas PNR 86 (INIR,2011)

O milénio acaba com uma reestruturação no sector rodoviário português, culminando com o fim da JAE em 1999 e a sua transformação em três institutos públicos: Instituto para a Construção Rodoviária (ICOR), responsável pela construção da rede; Instituto para a Conservação e Exploração da Rede Rodoviária (ICERR), responsável pela conservação da rede e Instituto de Estradas de Portugal (IEP), responsável pelo planeamento e conceção da rede. Em 2004, os três institutos agregaram-se originando a Estradas de Portugal, EPE (EP), reunindo as várias competências, tendo sido promovida uma gestão mais empresarial. Em 2007, no âmbito do novo Modelo de Gestão e Financiamento do sector, foi criado o Instituto de Infraestruturas Rodoviárias (INIR, IP), com funções de regulação no sector rodoviário, e ocorreu a transformação da EP, EPE, para sociedade anónima, EP, S.A. A rede rodoviária nacional com referência ao final de 2010 integra uma extensão de 2 217 km de IPs, 1 553 km de ICs e de cerca de 5 300 km de ENs. As ERs têm uma extensão construída de cerca de 5 000 km e as ENs desclassificadas, têm atualmente uma extensão de cerca de 3 000 km. O último pacote de concessões rodoviárias lançado pelo Governo entre 2007 e 2008 inclui a construção ou exploração de cerca de 1 750 km de estradas, adjudicadas como subconcessões da concessionária geral EP, SA. Partindo dos dados publicados pelo Instituto Nacional de Estatística relativos à extensão da rede rodoviária nacional, complementados com os resultados estimados para a extensão das estradas municipais e para os arruamentos urbanos, a estimativa para a totalidade da rede viária portuguesa será de cerca de 70.000 quilómetros de extensão, da qual cerca de 2.712 quilómetros respeitam a autoestradas (INIR, 2011).

I.4. REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS IMPORTÂNCIA E URGÊNCIA

Os pavimentos rodoviários são dimensionados para tornar possível o trânsito de veículos, de forma segura e confortável, através da construção de uma estrutura duradoura e econômica, que responda às solicitações do tráfego e do clima. Devem possuir determinadas características funcionais e estruturais de acordo com o fim a que se destinam. O desempenho funcional tem haver com capacidade em satisfazer a sua função principal, está relacionado com fatores de segurança conforto e economia. O desempenho estrutural relaciona-se com o comportamento e a integridade da estrutura.

A forte dinâmica dos últimos anos, resultou num património de milhares quilómetros de vias rodoviárias nacionais, municipais e arruamentos. Mas a verdade é que, uma vez construída a rede rodoviária, é necessário preservar e conservar as respetivas infraestruturas existentes de forma a ser garantido o nível exigido de conforto, segurança e funcionalidade. Neste sentido existem dois tipos de intervenção a realizar. Por um lado a conservação periódica, que deverá ser executada num intervalo 10 a 12 anos, dependendo o ciclo de intervenção fundamentalmente, do volume e tipo de tráfego, do tipo de pavimento e da localização da via e que consiste na reabilitação dos pavimentos, repondo as suas características iniciais. Por outro lado a conservação corrente que consiste em intervenções contínuas na rede, destinadas a manter as condições de circulação e segurança, através da realização de intervenções diversas na estrada e zona adjacente: tratamento superficial dos pavimentos, limpeza dos órgãos de drenagem, selagem de fendas, tapagem de covas, ceifa da vegetação.

É ao nível do pavimento que se verificam as ações mais severas, quer do tráfego quer do clima. Por isso é que para este elemento da via que são canalizados os maiores investimentos de construção, conservação e reabilitação e, por consequência, são realizados os maiores investimentos em investigação.

Conforme se pode verificar na Fig I.4, um pavimento no início da sua vida útil apresenta um determinado nível máximo de serviço, que se caracteriza por elevados níveis de segurança conforto e economia para os utilizadores. Ao longo do tempo o pavimento vai perdendo as suas características iniciais, com a consequente diminuição dos níveis de serviço.

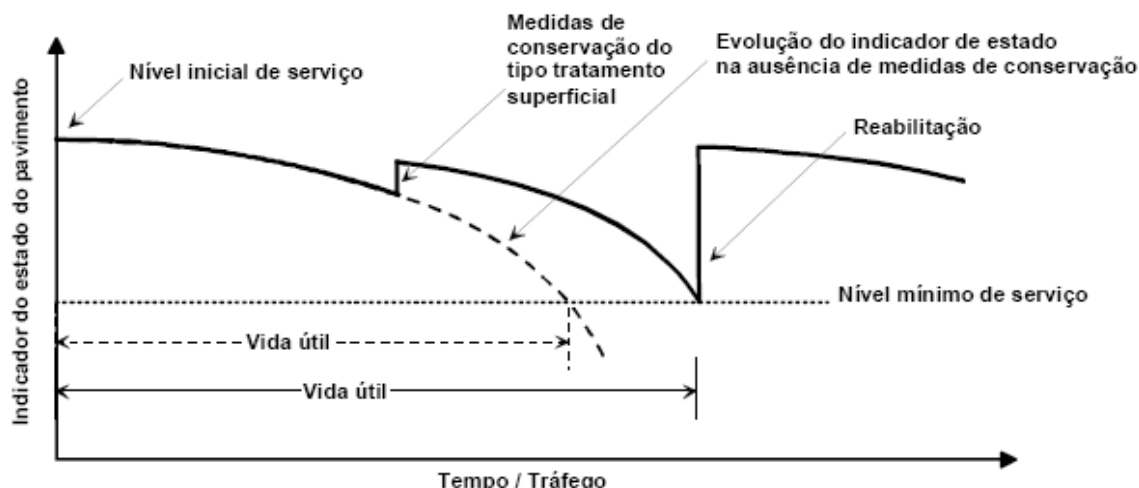


Figura I. 4 – Evolução do Estado Pavimento (Batista,2004)

A conservação rodoviária deve ser executada continuamente ao longo de cada um dos ciclos de vida do pavimento, sob pena de se tornarem antieconômicas se for ultrapassado ou alcançado o ciclo de oportunidade para a recuperação do pavimento.

O processo de evolução das degradações de um pavimento apoia-se no “princípio da cadeia das consequências”, em que uma degradação não evolui isoladamente no tempo, dando origem a outras degradações, ou seja, inicia-se uma atividade em ciclo, onde as diferentes degradações interferem mutuamente (Pereira e Miranda, 1999). Na verdade a deterioração dos pavimentos é um processo crescente que inicialmente evolui de forma lenta mas atingindo a fase regular acelera rapidamente. Se não forem realizadas obras de conservação em tempo útil resultará em poucos anos no colapso total da estrutura. A velocidade da deterioração pode variar em função das condições ambientais, da capacidade de suporte do pavimento e do subleito, da qualidade dos materiais utilizados, do volume de tráfego e do processo construtivo. Não é conhecido nenhum levantamento sobre a totalidade das necessidades de reabilitação, seria contudo importante a sua realização porque se teria ao dispor a ferramenta desejada e os dados que ilustrassem a atual realidade. No entanto analisando a evolução Rede Rodoviária Nacional verifica-se (INIR,2011):

- Crescimento significativo e sua valorização
- Aumento do volume de tráfego, sendo esse aumento bastante significativo e provavelmente superior ao previsto.
- Crescente número de acidentes nas estradas
- Projetos inadequados de acordo com a atual realidade
- Controlo e execução deficientes no passado
- Avanço tecnológico e desenvolvimento de inúmeras técnicas de restauração, manutenção e reabilitação estradas.

Estes indicadores demonstram a urgência e a necessidade da realização das respectivas intervenções.

II. TIPOS DE RECICLAGEM PAVIMENTOS FLEXIVEIS

Segundo Fonseca (2002), a reciclagem de pavimentos é uma técnica cujo objetivo fundamental é transformar um pavimento degradado, numa estrutura homogénea e adaptada ao tráfego que deverá suportar. Mais concretamente, consiste em reutilizar os materiais existentes na construção de uma nova camada, mediante a desagregação dos mesmos numa certa profundidade, a adição de um conglomerante ou aglomerante (cimento ou emulsão), água (para a hidratação, pré-molhagem e compactação), eventualmente agregados (como corretores granulométricos ou com outros fins) e algum aditivo, com uma dosificação obtida mediante ensaios. A mistura homogénea destes materiais, espalha-se, compacta-se e deixa-se curar adequadamente, constituindo uma base ou uma camada estruturalmente resistente de um novo pavimento.

Os tipos de Reciclagem classificam-se de acordo com os diferentes critérios (INIR,2011):

- De acordo com o local
 - In situ
 - Em Central

- Segundo a temperatura fabrico
 - A quente
 - Temperada
 - Semi-quente
 - A frio

- Quanto ao tipo de ligante
 - Betuminoso
 - Hidraulico
 - Mistura

II.1 RECICLAGEM “IN SITU” A FRIO

A **reciclagem in situ a frio**, consiste na substituição das camadas do pavimento existente por uma nova camada, ou seja será fresado o pavimento e no local é feita a mistura com um ou mais ligantes (emulsão betuminosa, cimento ou cal), posteriormente é recolocado e devidamente compactado na camada prevista. Esta técnica é de fácil aplicação e tem a vantagem de garantir uma boa resistência à fadiga. No entanto está limitada porque o material reciclado, tem a característica de camada de base não podendo ser utilizado como camada de desgaste. Para além disso, a mistura é muito sensível a fatores como a humidade e a granulometria, daí ser importante aferir a emulsão com o material a reciclar e determinar a percentagem de emulsão betuminosa necessária. É ainda necessário verificar se a granulometria obtida se enquadra no fuso granulométrico, efetuar o controlo do teor de humidade uma vez que o teor de humidade é por vezes tão elevado e fica saturado com a emulsão, sendo que a resistência é obtida com a perda de humidade (INIR;2011).



Figura II. 1 – Equipamento de Reciclagem In Situ a Frio

II.2 RECICLAGEM A FRIO/SEMIQUENTE COM BETUME ESPUMA

A **Reciclagem a Frio/ Semi quente com betume espuma**, o betume espuma é produzido através da injeção de pequenas quantidades de água fria, geralmente na ordem de 2 a 3% por massa de ligante em betume quente acima de 170°. Ao adicionar água fria ao betume quente, a água instantaneamente vaporiza-se dando origem à espuma de betume que se expande e aumenta cerca de 15 a 20 vezes o seu volume inicial.



Figura II. 2 - Extraída em 11 Jan 2013 (14.06.24) <http://www.engenhariacivil.com>

A superfície específica do betume aumenta e reduz de forma significativa a viscosidade. A expansão ocorre na designada câmara de expansão, onde a espuma de betume é injetada e misturada com o material do pavimento que está a ser reciclado. Seguem-se posteriormente as ações de nivelamento e compactação da camada.

Este método tem como principal vantagem o fato de ser possível de imediato a abertura ao tráfego após a sua aplicação, tem boa resistência à deformação e à fadiga e é de fácil aplicação. Deve-se ter atenção que a qualidade final depende da qualidade da espuma e esta do betume e que o material saturado e com poucos finos não pode ser utilizado (INIR,2011).

II.3 RECICLAGEM “IN SITU” A QUENTE

Reciclagem In Situ a Quente, também designada por termo-regeneração, termo-reperfilagem ou termo-reciclagem, consiste no aquecimento do pavimento existente para o material ficar solto e facilitar a sua degradação e depois deste estar solto é feita a mistura com um ligante betuminoso mole ou rejuvenescedor. Estes ligantes devem ter a capacidade de regenerar o betume envelhecido e oxidado. Na termo-regeneração pretende-se repor a regularidade do perfil longitudinal e a selagem das fendas. Na termo-reperfilagem ou termo-reciclagem o objetivo é apenas reabilitar as características funcionais do pavimento não se intervindo a nível estrutural por isso a intervenção será somente a nível da camada de desgaste. Os equipamentos utilizados são extremamente grandes e de difícil movimentação, sendo isso uma das grandes desvantagens deste processo, uma vez que originam custos elevados e dificuldade de transporte dos equipamentos daí porventura a sua fraca implementação (INIR,2011).



Figura II. 3 - Extraída em 11 Jan 2013 (14.42.36), <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/sy4500-hot-recycler-in-situ-476739299.html>.

II.4 RECICLAGEM EM CENTRAL

A **Reciclagem em Central**, desenvolve-se de acordo com as seguintes etapas: fresagem do pavimento existente, transporte do material fresado, armazenagem e produção a quente da mistura betuminosa, transporte do material novamente para a obra e aplicação da mistura betuminosa reciclada, através do método tradicional (Espalhadoras e Cilindros).

As centrais de fabrico de misturas betuminosas a quente podem ser de localização fixa ou poderão ser movimentadas para o local da obra. As centrais que podem ser movimentadas para o local da obra apresentam a vantagem de anular a logística de transporte dos materiais fresados para a central. Nas centrais fixas consegue-se melhor aproveitamento do material fresado e menor consumo dos agregados e ligantes. As centrais estão ainda subdivididas em centrais contínuas ou de tambor secador misturador e em centrais descontínuas por amassadura. Nas centrais contínuas o processo de secagem, aquecimento e mistura desenvolvem-se no mesmo tambor (INIR;2011).

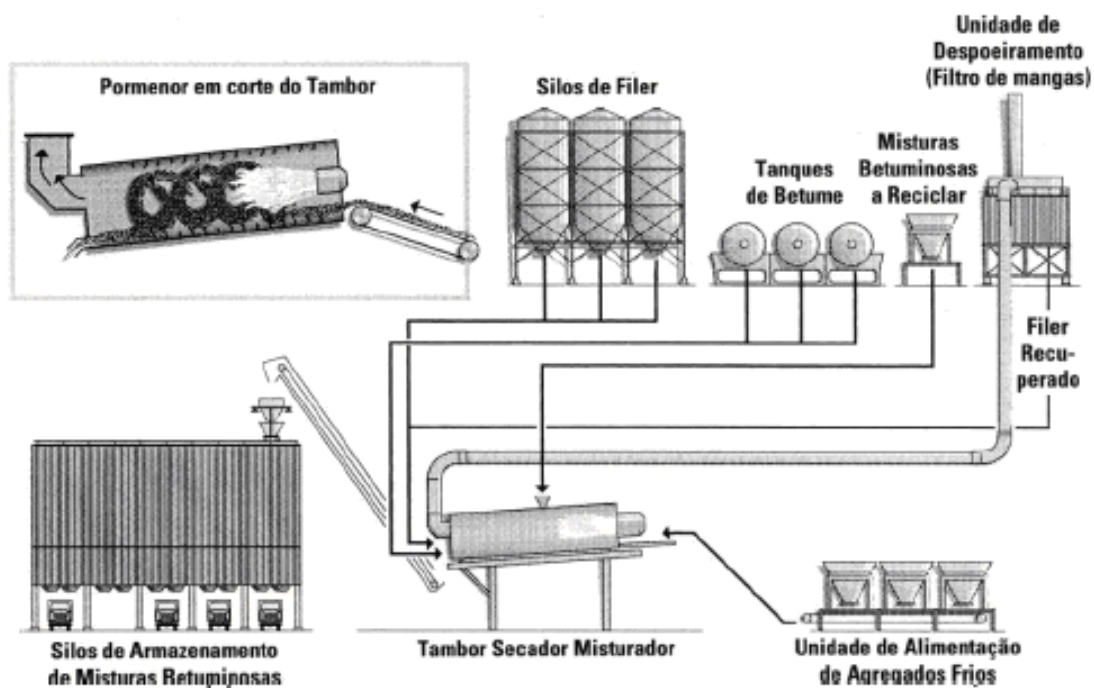


Figura II. 4 - Funcionamento de uma Central Betuminosa Contínua Adaptada para o Fabrico de Misturas Betuminosas com Material Fresado (Azevedo,2009b).

Nas centrais descontínuas a mistura dos agregados está controlada no produto acabado.

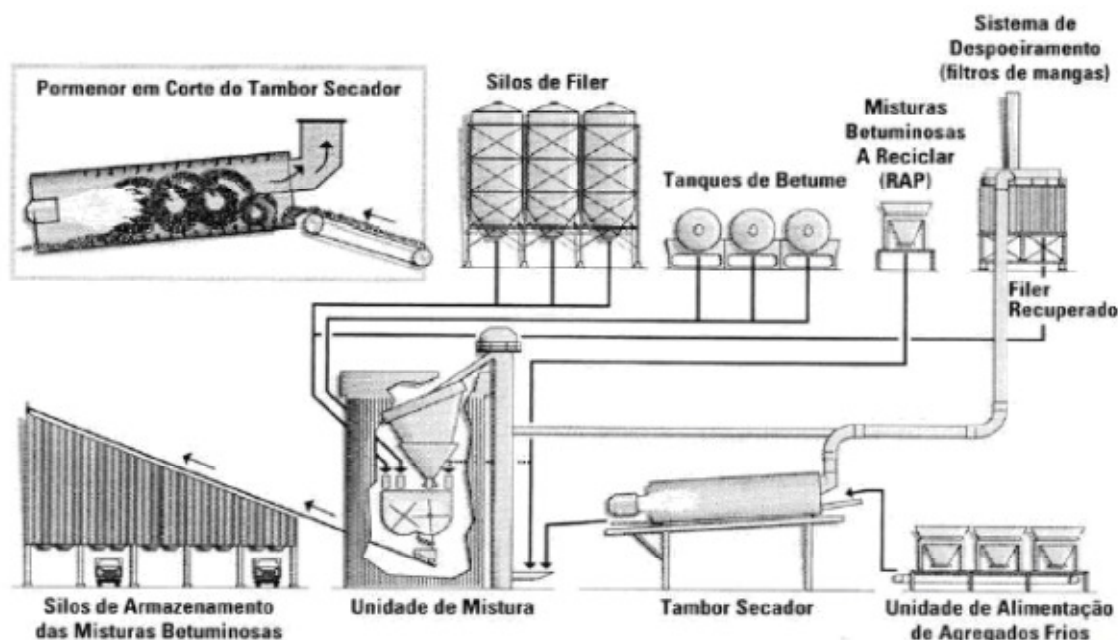


Figura II. 5 - Funcionamento de uma Central Betuminosa Descontínua com Incorporação do Material Fresado a Frio (Azevedo,2009b).

III CASO DE ESTUDO

III.1. CARATERIZAÇÃO GERAL

O caso de estudo no âmbito desta dissertação refere-se à “SUBCONCESSÃO DA AUTO-ESTRADA DO BAIXO ALENTEJO- Reabilitação Lanço H-IP2 Beja/Castro Verde (A2/IP1). A Subconcessão Baixo Alentejo consiste num conjunto viário que perfaz aproximadamente 350km, constituída por Estradas Novas a construir e Estradas existentes a manter ou beneficiar. A análise do caso em estudo é o lanço “IP2 – Beja Castro Verde (A2/IP1)”, designado de Lanço H e trata-se de uma requalificação do existente cujo valor total da empreitada é 22.658.029,60 €. A natureza dos trabalhos a realizar são:

- Terraplenagens;
- Drenagens;
- Pavimentação;
- Obras Acessórias;
- Reparação de Obras de Arte.

No entanto o capítulo mais importante na empreitada é o da pavimentação, com o valor de 15.488.058 €,sendo este valor aproximadamente 68,5 % do valor global da empreitada. O Lanço H tem na sua totalidade uma extensão total aproximada de 48 km, num perfil de 1x2 vias, desenvolve-se numa orientação predominante Norte / Sul até Castro Verde, apresentando a partir deste ponto uma orientação Nordeste / Sudoeste. Tem início em Beja, após o atravessamento da linha de caminho-de-ferro, junto ao quartel de Regimento de Infantaria de Beja, estando o seu fim localizado imediatamente antes do acesso ao Nó de Castro Verde da A2/IP1.



Figura III. 1 – Localização do Traçado do Lanço H (Memoria Descritiva Projeto, 2010)

Os trabalhos a efetuar em todo o Lanço H contemplam a recuperação funcional dos pavimentos da plena via e a construção de nós elevados proporcionando a melhoria das condições de segurança do lanço, uma vez que apesar deste trecho apresentar características geométricas de IP em termos de traçado planta / perfil longitudinal, não dispõe, atualmente, de ligações desniveladas, pelo que foi necessário eliminar os acessos diretos e garantir ligações à rede viária local através de nós desnivelados, sendo a plataforma duplicada nestes locais e introduzido um separador central para separação dos sentidos de tráfego na zona dos nós.

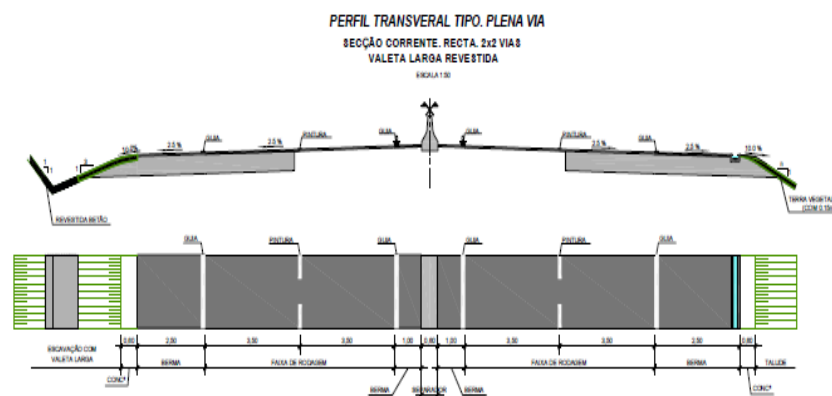


Figura III. 2 – Perfil Transv. Tipo Plena Via Lanço H (Memória Descritiva Projeto,2010)

Por questões inerentes ao faseamento da construção, o Lanço H, foi dividido em dois grandes troços, denominados por Lanço H1 e Lanço H2. O Lanço H1 define-se entre Beja e Albernoa e o Lanço H2 entre Albernoa e Piçarras. O Lanço H1, entre Beja e Albernoa, devido ao elevado estado de degradação do pavimento existente, foi considerado de intervenção prioritária. Este troço tem uma extensão aproximada de 20 km, estando compreendido entre os pk de exploração 347+350 e 367+600. Já o lanço H2 entre Albernoa / Piçarras, tem uma extensão aproximada de 23 km, estando compreendido entre os pk's de exploração 367+600 e 391+000, correspondendo respetivamente aos pk's de projeto 20+250 e 43+650. O traçado deste lanço desenvolve-se num perfil de 1x2 de norte para sul, desde a localidade de Albernoa até Piçarras, nas proximidades de Castro Verde.

III.2 CARATERIZAÇÃO DO PAVIMENTO EXISTENTE

As principais causas das degradações dos pavimentos flexíveis estão relacionadas com fatores como a intensidade do tráfego, as ações climáticas, deficiências dos materiais, deficiências de projeto ou da qualidade de execução.

No caso em estudo o pavimento existente apresenta uma constituição flexível, com a camada de desgaste em betão betuminoso tradicional.

A capacidade estrutural do Lanço H1 encontrava-se claramente esgotada, por já ter sido ultrapassada a sua vida útil. Era evidente a ruína estrutural, quer pelos sinais de fadiga do pavimento, quer pelo aparecimento de fendas longitudinais, transversais, "pele de crocodilo", depressões e cavados de rodeira bastante acentuados. No Anexo I apresentam-se algumas fotografias das degradações mais evidentes

O Lanço H2 não se encontrava no nível de degradação evidenciado no Lanço H1, no entanto também apresentava locais degradados, com desprendimento da fração de agregados grossos, desagregações, depressões no pavimento, bem como ascensão de finos à superfície, ninhos e peladas.

III.3. PROPOSTA DE REABILITAÇÃO

A solução de reabilitação do pavimento é determinada em função do estabelecimento dos modelos de comportamento do pavimento existente e de acordo com as patologias evidenciadas. Assim no que respeita ao comportamento do pavimento a determinação das características de deformabilidade dos materiais que constituem as diversas camadas do pavimento e da fundação, foi efetuada por retroanálise a partir dos resultados dos ensaios de carga dinâmicos com defletómetro de impacto. Quando interpretados os ensaios de carga com o defletómetro de impacto estabeleceram-se modelos de comportamento estrutural do pavimento para cada trecho em análise.

A retroanálise consiste em procurar por um processo iterativo, qual o conjunto de módulos de deformabilidade para o qual se obtém uma melhor aproximação entre a curva de deflexões medidas nos ensaios de carga selecionados e a curva das deflexões calculadas, considerando o pavimento solicitado pela força utilizada no ensaio, sendo valores dos coeficientes de Poisson fixados de acordo com a natureza dos materiais. Os resultados serão considerados representativos dos reais comportamento dos materiais do pavimento de acordo com o número de interações realizadas.

No que respeita às patologias evidenciadas no pavimento em estudo, os materiais antigos (misturas betuminosas) estavam fendilhados sendo por isso igualmente necessário analisar a reflexão de fendas.

O cálculo analítico do reforço de pavimentos é, geralmente, realizado através do cálculo tensões e extensões que ocorrem na estrutura do pavimento através da teoria de multicamada, na qual se pressupõe que os materiais são homogéneos, isotrópicos elásticos e lineares (Memoria Descritiva Projeto,2010).

Este método tem em conta o efeito da deterioração de materiais do pavimento antigo, reduzindo o seu módulo de Young, mas não considera a eventual propagação de fendas às camadas de reforço. Foi determinado a espessura necessária de reforço para que não ocorra reflexão de fendas durante a vida de serviço do pavimento, aplicando um procedimento baseado na mecânica da fratura (Lei de Paris), (Cálculo de Reflexão de Fendas do Pavimento Existente) e foram calculados a transmissão de esforços no

pavimento e a fadiga dos materiais em pontos críticos, aplicando a teoria multicamada e os critérios de dimensionamento usuais. (Cálculo mecânico tenso-deformacional) (Memoria Descritiva Projeto,2010).

Em ambos os procedimentos é considerado o efeito da aplicação de uma geogrelha de reforço e anti-reflexão de fissuras. A geogrelha, constitui uma interface que tem por objetivo a absorção de tensões que ocorrem na parte inferior do reforço e que podem vir a reproduzir um padrão de fendilhamento semelhante ao existente na superfície do pavimento antigo.

Assim foram selecionados locais cujo comportamento se considerou representativo e estabelecidos trechos de comportamento estrutural homogêneo, pelo que foram adotadas no projeto as seguintes soluções, de acordo com o diagnóstico efetuado:

- Locais que apresentam pequenas degradações e ruína na fundação, foi definida a reparação das zonas que apresentavam depressões do pavimento e degradações, aplicação de uma geogrelha de reforço e anti-reflexão de fissuras e aplicação das camadas misturas betuminosas (macadame e de desgaste).
- Locais que apresentam maiores degradações e ruína na fundação foi definida a Reciclagem “In Sito” a frio do pavimento com cimento, no qual se preconiza a reutilização parcial ou integral dos materiais constituintes do pavimento, aplicação de geogrelha de reforço estrutural, anti-propagação de fissuras e aplicação das camadas misturas betuminosas (macadame e de desgaste). Em alternativa o saneamento de toda a estrutura do pavimento existente e construção duma nova estrutura de pavimento rodoviário, com as várias camadas de materiais granulares ABGE (Tout-venant) e as camadas Betuminosas (Macadame e Desgaste).
- Nos locais onde existia pequenas degradações e a fundação se encontrava aceitável foi definida a reparação das zonas que apresentavam depressões do pavimento e degradações, aplicação da camada mistura betuminosa (Desgaste).
- Locais onde existia maiores degradações e a fundação se encontrava aceitável. Foi definida a fresagem e colocação a vazadouro do pavimento existente e aplicação da camada Betuminosa com mistura tradicionais. Em alternativa foi adotada a fresagem da camada de pavimento existente, incorporação do material fresado na nova composição da mistura betuminosa e correspondente aplicação da camada Betuminosa (Desgaste).

III.4. MÉTODOS CONSTRUTIVOS ASSOCIADOS ÀS DIFERENTES SOLUÇÕES

Nas várias soluções existem alguns procedimentos que se repetem e outros que são de prática comum no âmbito das pavimentações. Neste âmbito será apresentado os procedimentos e as considerações julgadas importantes, dos métodos construtivos nas atividades das diversas soluções e que definem o propósito do assunto em análise.

III.4.1. Reparação Zonas que Apresentam Depressões do Pavimento e Degradações

As reparações das zonas que apresentam depressões do pavimento e degradações, as intervenções a realizar terão que ser de acordo com a tipologia da patologia. Assim de acordo com as patologias encontradas foram adotadas as seguintes ações:

Fendilhamento /Fendas de Fadiga

Remoção de todo o material solto, varrer a área a intervencionar e de seguida passar um jacto de ar comprimido para eliminar quaisquer materiais soltos; Preenchimento das fendas com mástique betuminoso ou emulsão betuminosa modificada com polímeros.



Figura III. 3 - Equipa a Realizar a Reparação de Fendilhamento/Fendas Fadiga

Pele de Crocodilo

Remover todo o material solto, varrer a área a intervir e de seguida, passar um jacto de ar comprimido para eliminar quaisquer materiais soltos; preenchimento das fendas com mástique betuminoso ou emulsão betuminosa modificada com polímeros. Nos casos em que a deformação provocada por este tipo de degradação for superior a 20mm, as fendas e a depressão devem preenchidas com um microbetão betuminoso (0/10).



Figura III. 4 - Fendas do Tipo Pele Crocodilo



Figura III. 5 - Preenchidas com Micro betão (0/10)

Fendas/Longitudinais

Remoção de materiais soltos, devendo a área a intervir ser varrida e de seguida passado um jacto de ar comprimido para eliminar quaisquer materiais soltos; preenchimento das fendas com mástique betuminoso ou emulsão betuminosa modificada com polímeros.

Fendas/Transversais

Remoção de materiais soltos, devendo a área a intervir ser varrida e de seguida passado um jacto de ar comprimido para eliminar quaisquer materiais soltos; preenchimento das fendas com mástique betuminoso ou emulsão betuminosa modificada com polímeros.

Deformações/Rodeiras

Preencher com microbetão betuminoso (0/10)

Deformações/Localizadas

Preencher com mistura betuminosa a quente do tipo microbetão betuminoso (0/10);

Arranque de Materiais/Pelada

Remoção de materiais soltos, devendo a área a intervir ser varrida e de seguida passado um jacto de ar comprimido para eliminar quaisquer materiais soltos; aplicação de uma rega em emulsão betuminosa de impregnação, à taxa mínima de 0,8 kg/m², sobre as paredes e fundo da pelada; preenchimento da pelada com mistura betuminosa a quente do tipo microbetão betuminoso (0/10);

III.4.2. Aplicação de Rega de Aderência

As camadas de misturas betuminosas são ligadas entre si por uma rega de colagem, de modo a eliminar as interfaces e a concretizar uma adequada ligação. As camadas betuminosas só serão realizadas após a limpeza dos locais de trabalho, tarefa esta que será realizada por vassoura mecânica, seguida de varrimento a jacto de ar comprimido com auxílio de um compressor.



Figura III. 6 - “Bob-Cat “ com Vassoura Mecânica Acoplada

Depois da superfície estar perfeitamente limpa, é executado entre camadas uma rega de colagem, com uma emulsão betuminosa modificada com polímeros, à taxa $0,7 \text{ kg/m}^2$ ou com uma emulsão betuminosa de rotura rápida termo-aderente, à taxa de $0,4 \text{ kg/m}^2$.

No caso de emulsões betuminosas catiónicas de rotura rápida, tradicional ou modificada com polímero, a rega de colagem deverá ser aplicada a uma taxa de $0,7 \text{ kg/m}^2$, de emulsão betuminosa.

No caso de emulsões betuminosas catiónicas de rotura rápida, termo-aderentes, a rega de colagem deverá ser aplicada a uma taxa de 0,4 kg/m², ou a indicada pelo fornecedor do produto, desde que devidamente justificada.



Figura III. 7 - Superfície de Pavimento Limpa Pronta para Receber a Rega Colagem



Figura III. 8 - Superfície de Pavimento com a Rega Colagem

III.4.3. Aplicação de Geogrelha de Reforço e Anti-reflexão de Fissuras.

A membrana anti-propagação de fissuras, constitui uma interface que tem por objetivo a absorção de tensões que ocorrem na parte inferior do reforço, prevenindo a propagação de fendas por reflexão.

Dado o carácter inovador em Portugal destas aplicações, devem ser executados trechos experimentais de forma a evidenciar a técnica necessária que garanta a qualidade da aplicação. Foram por isso realizados trechos experimentais em cada um dos diferentes troços de comportamento estrutural.

Findos os trabalhos de preparatórios de reparação, e se o pavimento apresentar uma superfície livre de depressões, devidamente desempenada, poderá proceder-se ao assentamento da geogrelha.

A aplicação da geogrelha só deverá ser iniciada após reunidas as condições requeridas ou seja depois os trabalhos de preparatórios de reparação, e se o pavimento apresentar uma superfície livre de depressões, devidamente desempenada.

Na sua aplicação devem ter em atenção as seguintes considerações:

- A geogrelha deve ser desenrolada sobre a superfície manualmente ou com o auxílio de equipamento que não proporcione risco de danos ao material;
- Depois de aplicada, a geogrelha de reforço não deve apresentar pregas ou dobras;
- As juntas no pavimento existente ou zonas de rodeiras não devem coincidir com as sobreposições da geogrelha de reforço;
- As zonas de emenda, no fim de cada bobina, devem ser executadas de modo a que a geogrelha seja sobreposta 150 milímetros transversalmente e 250 milímetros longitudinalmente, garantindo que a sobreposição não é levantada durante os trabalhos de pavimentação;

As sobreposições devem ser tratadas com uma emulsão betuminosa, de taxa a designar pelo fabricante;

- Nas curvas a geogrelha é cortada em pequenas peças que são aplicadas com sobreposições. O comprimento das peças dependerá do raio da curva;
- A geogrelha não deve ser exposta ao tráfego antes de aplicada(s) a(s) camada(s) betuminosa(s) sobrejacente(s);
- O equipamento de obra e em especial a pavimentadora, devem circular sobre a geogrelha com especial cuidado. Devem evitar-se mudanças de direcção repentinas e travagens bruscas;

- Deverá ser controlada a temperatura das misturas betuminosas a aplicar sobre a geogrelha;
- As geogrelhas deverão ser sempre armazenadas em local coberto.

Dando cumprimento ao disposto no Decreto – Lei 4/2007, de 8 de Janeiro, devem ser entregues, para a geogrelha bem como para todos os materiais (produtos de construção), as declarações de conformidade CE emitidas pelos fabricantes, bem como os certificados de conformidade emitidos pelos organismos notificados e as fichas de produto

Deverão ser tidas em conta as características técnicas das geogrelhas, bem como as disposições construtivas especificadas pelo fabricante.



Figura III. 9 - Geogrelha de Reforço do Pavimento

III.4.4. Reciclagem “In Situ” a Frio do Pavimento com Cimento

A reciclagem “in situ” com cimento de um pavimento, é um processo de rejuvenescimento/reforço de um pavimento no qual se preconiza a reutilização parcial ou integral dos materiais constituintes do pavimento, misturas betuminosas e materiais granulares, que após submetidos a um processo de desagregação por fresagem são misturados e homogeneizados com cimento, água e eventualmente com aditivos e agregado, que por sua vez são devidamente espalhados e compactados. Este processo é realizado de forma contínua e sequencial originando que o equipamento utilizado, numa só operação frese, incorpore cimento e água, doseando nas percentagens definidas, misture o material fresado e o espalhe.

Os equipamentos necessários à realização desta técnica são no mínimo uma máquina recicladora, cisternas para água e ligantes, motoniveladora e cilindros.



Figura III. 10 - Máquina Recicladora

De acordo com os diferentes troços de comportamento estrutural a espessura das diferentes camadas a reciclar é muito variável. A espessura total em misturas betuminosas varia entre 9,0 e 22,1 cm. A espessura das camadas granulares, apresenta valores entre 17,0 e 28,0 cm, pelo que, foi definido reciclar os materiais numa profundidade de 30 cm.

O processo de execução tem início com a passagem em primeiro lugar da máquina recicladora. A máquina recicladora procede de forma contínua à desagregação do pavimento existente, à adição da água e do ligante através de injetores existentes no rotor da máquina (Figura II.3.8), à mistura do material, e finalmente ao seu espalhamento. De forma a garantir a homogeneidade da camada, a máquina deve avançar de forma lenta e uniforme, evitando-se paragens. Se por qualquer motivo ocorrerem paragens deve-se imediatamente cortar o fornecimento de ligante e de água de forma a evitar sobredosagens ou encharcamentos.



Figura III. 11 - Rotor da Máquina Recicladora

De acordo com a memória descritiva do projeto a mistura reciclada deveria ter uma dosagem mínima de ligante (cimento) de 3% e uma resistência à compressão simples, superior a 2,5 MPa aos 7 dias e superior a 4,0 MPa aos 28 dias.



Figura III. 12 - Incorporação do Cimento

Para aferir valores foram executados os seguintes trechos experimentais:

Com 3% de cimento – A baridade máxima2,118

Teor ótimo em água6,4

Com 4% de cimento – A baridade máxima2,1348

Teor ótimo em água6,0

Com 5% de cimento – A baridade máxima2,149

Teor ótimo em água5,7

Para a reciclagem “in situ” com cimentos, são recomendados cimentos de classe de resistência baixos, com menor calor de hidratação, pouco reativos de forma a minimizar a ocorrência de fendas de retração sendo obrigatório a utilização de aditivos retardadores de presa sempre que a temperatura ambiente seja superior a 30°C. O cimento utilizado foi de classe de resistência 32,5 com o início de presa superior a 2 horas.

No que se refere ao material fresado, deve estar isento de matéria orgânica e de outros produtos que possam afetar a presa do cimento.



Figura III. 13 - Aspeto do Material Fresado

O material fresado deve ainda cumprir os seguintes requisitos/propriedades:

- Limite de liquidez <35 ;
- Índice de plasticidade ≤ 15 ;
- Dimensão máxima <80 mm;

Percentagem de material passada no peneiro 4 mm $>30\%$.

No entanto pode-se utilizar material que não cumpra os parâmetros preconizados para os limites de consistência desde que se proceda a um tratamento prévio da mistura com cal, situação que deverá ser devidamente fundamentada e comprovada com estudos laboratoriais. Para além disso, caso a dimensão máxima do material fresado seja superior a 80 mm, têm ser adotados procedimentos que garantam a eliminação dos elementos de maior dimensão. No caso da quantidade de material passada no peneiro 4 mm ser inferior a 30%, deverá ser incorporado um agregado para melhoramento da granulometria do material

Para o nivelamento da camada reciclada, é utilizada uma motoniveladora, uma vez que o volume de materiais tratados, após a reciclagem é superior ao inicial, tanto pela quantidade de água e ligante adicionados, bem como pelo empolamento que resulta do processo de desagregação das camadas muito densificadas do pavimento antigo depois de vários anos a suportar a ação do tráfego.



Figura III. 14 - Motoniveladora a Realizar o Nivelamento da Camada

De modo a controlar a fissuração por retração foram realizadas, antes do início da compactação, juntas transversais de pré-fissuração sendo o espaçamento entre juntas transversais de 3,0 m, com uma profundidade correspondente a $2/3$ da espessura da camada realizada, ou seja, de 20 cm, tendo sido introduzido emulsão betuminosa de cura rápida, para evitar o fecho do mesmo durante o processo de compactação.

Logo após a execução das juntas a fresco de pré fissuração, dá-se início aos trabalhos de compactação da camada para evitar perdas de humidade e permitir a sua conclusão dentro do período de trabalhabilidade da mistura. A compactação é realizada longitudinalmente de forma contínua e sistemática, até se atingir o grau de compactação pretendido.



Figura III. 15 - Cilindro de Rolos a Realizar a Compactação da Camada

Concluída a compactação foram realizados os respetivos ensaios de verificação e num período inferior a três horas foi aplicada uma rega de cura com emulsão betuminosa. Durante este período, a superfície deve ser mantida húmida.

A abertura ao tráfego foi restringida durante 7 dias após a conclusão, sendo posteriormente sido impostos condicionalismos ao tipo de tráfego e à velocidade de circulação de forma que o tratamento preconizado, fosse mantido em perfeitas condições até à execução das camadas superiores em misturas betuminosas.

O microbetão betuminoso de pré-regularização e a geogrelha de reforço foram igualmente colocados sobre as zonas recicladas “in situ”.

III.4.5. Saneamento de Toda a Estrutura do Pavimento Existente

A alternativa à reciclagem em situ a frio do pavimento existente nos locais que apresentam maiores degradações e ruína na fundação, de acordo com o preconizado em projeto, passaria pelo saneamento da estrutura do saneamento existente e a construção duma nova estrutura rodoviária.

O procedimento habitual a adotar passaria pelas seguintes fases:

- Remoção do pavimento existente e transporte a vazadouro do material retirado.
- Execução das camadas de sub-Base e base de materiais granulares ABGE (Tout-Venant).
- Execução das camadas betuminosas macadame e de desgaste.

No entanto, dadas as características da obra, uma vez que no âmbito da empreitada estava prevista a construção de nós desnivelados, em que existia um défice de solos para a execução dos aterros, surge uma janela de oportunidade no sentido de incorporar os materiais resultantes do saneamento da estrutura do pavimento existente nos aterros a construir.

Assim foi proposta, a utilização de uma britadeira móvel, para o reaproveitamento do material saneado. O trabalho a executar consistia no levantamento e remoção do betuminoso, parti-lo em dimensões adequadas para britar, proceder à correspondente britagem através de primário de maxilas e arranjar o transporte do material britado para as diversas frentes de trabalho, para ser incorporado nas camadas de aterro.



Figura III. 16 - Processo de Britagem com Britadeira Móvel

III.4. 6.Fresagem Pavimento e Aplicação da Camada Betuminosa.

Na Fresagem do pavimento existente, conforme já referenciado, foram adotadas duas soluções, o envio do material reciclado para vazadouro e a incorporação do material reciclado na fabricação da mistura betuminosa.



Figura III. 17 - Fresagem do Pavimento Existente

Na primeira solução, devido às características da obra e de acordo com a classificação unificada para solos (ASTM D2487-85), o material fresado pode ser caracterizado como um cascalho bem graduado com areia (GW), o que permite otimizar o transporte a vazadouro e obter uma mais valia, com a incorporação do material nos aterros da obra.

Na segunda solução foi elaborado um estudo para a nova composição de acordo apresentado no anexo 2, em que foi apresentado o fabrico da mistura AC20 Base/Reg 35/50 (MB) com a incorporação de 15% RA (material Fresado) conforme composição abaixo:

Fracções	%
Areão 0/6	39,2
Brita 6/14	32,6
Brita 14/20	9,6
RA	15,0
Betume a adicionar	3,6
Betume total	4,2

Quadro III. 1- Composição da mistura incorp. material fresado, Anexo2 Estudo MotaEngil

III.4.7. Reforço em Misturas Betuminosas

O reforço de misturas betuminosas foi executado, com uma camada de macadame betuminoso, sobreposta com uma camada de betão betuminoso (desgaste).

A aplicação das misturas betuminosas efetua-se com espalhadora mecânica e as temperaturas para aplicação das massas betuminosas, devem estar compreendidas entre os 130° e 170°. A espalhadora deve ser colocada no início, com a mesa aquecida e sobre calços, para que no arranque não haja diminuição da espessura da camada. Os sensores de nivelamento ou a régua terão que estar ligados prontos a funcionar, regulados de acordo com a tabela troço experimental.



Figura III. 18 - Espalhadora Mecânica

Após o espalhamento foi realizada a compactação por um cilindro vibrador de rolos com tração aos dois eixos e ainda por um compactador de pneus, com objetivo de no final, se obter uma superfície lisa, uniforme e sem ondulações.



Figura III. 19 - Cilindro de Pneus

O número de passagens do cilindro tem que ser o mesmo que o definido aquando a execução do troço experimental. Antes da entrada do cilindro de pneus deve ser

verificada a temperatura da mistura espalhada (140°), sendo a sua entrada realizada de forma lenta de modo que os seus pneus sejam aquecidos e evitar o arrastamento de partículas.



Figura III. 20 - Cilindro Rolos Liso

O cilindro de rolos lisos deve entrar por forma a eliminar eventuais irregularidades e eventuais vincos dando o acabamento pretendido.

III.5. ANÁLISE ECONÓMICA DAS VÁRIAS SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO / RECICLAGEM.

A necessidade de intervenção nos pavimentos requer que a solução responda a critérios de índole técnica, económica e ambiental. Garantido o primeiro critério ou seja a eficácia da solução técnica adotada na resolução do problema, é necessário encontrar aquela que seja a melhor em termos económicos e que igualmente minimize os impactos ambientais.

Neste pressuposto apresenta-se a análise económica das soluções adotadas no presente caso de estudo para o mesmo tipo de patologia e é estabelecida a respetiva comparação no sentido da tomada de decisão sobre a qual, solução ideal que satisfaça os propósitos enunciados.

III.5.1. Análise Comparativa - Reciclagem “In Situ” a Frio do Pavimento com Cimento / Saneamento de toda Estrutura Pavimento Existente

Para os locais que apresentam maiores degradações e ruína na fundação, a estrutura final do pavimento é composta por uma camada de desgaste em betão betuminoso com 5 cm de espessura, uma camada de base betuminosa em macadame betuminoso com 7 cm espessura, geogrelha anti-propagação de fissuras com 0,2 cm de espessura, uma camada de regularização em micro betão betuminoso com 3 cm espessura e uma camada sub-base de material granular com 30 cm de espessura, conforme fig III.21

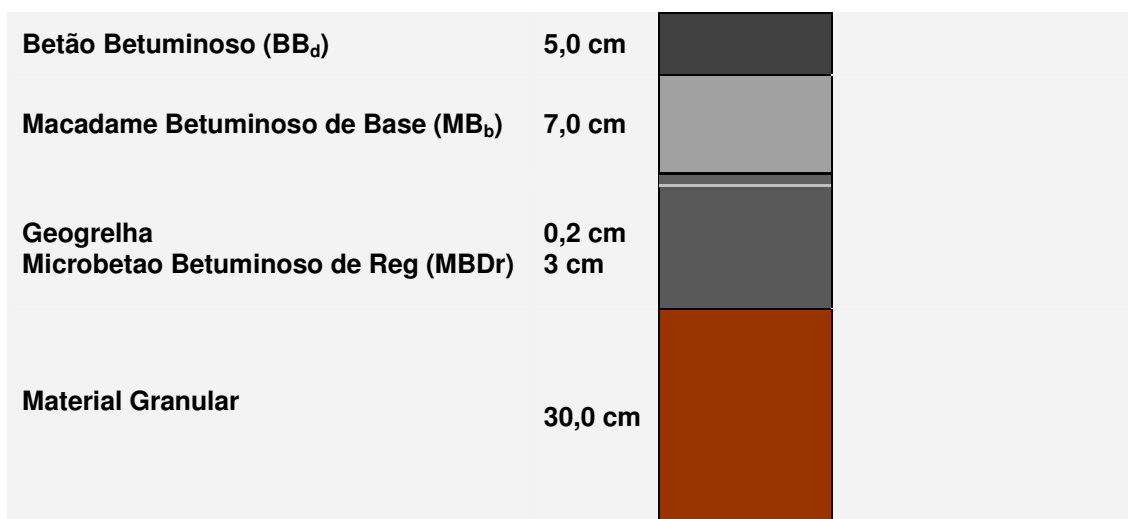


Figura III. 21 - Estrutura Pavimento Final nos Locais com Ruína na Fundação

As soluções preconizadas contemplam as mesmas camadas betuminosas, diferindo apenas no facto de que numa é realizado o tratamento da fundação com a reciclagem “in situ” e na outra é feita a remoção de toda estrutura e incorporação de novos materiais granulares do tipo ABGE (Tout-venant).

Para efeitos de cálculo considerou-se um rendimento diário 1500 m²/dia de uma equipe.

- Reciclagem “In Situ” com Cimento

Descrição	Un	Preço custo	Margem	Preço Final
Reciclagem de Pavimento c/ Cimento In Situ	m2	29,49 €	14,99%	33,91 €

Quadro III. 2– Preço Final Reciclagem de Pavimento In Situ com Cimento

Decomposição do preço					
Distribuição dos custos					
	Mão obra	Materiais	Equip.	Subemp	Total
Valor	0,61 €	20,27 €	2,80 €	5,81 €	29,49 €
Percentagem	2,07%	68,74%	9,49%	19,70%	100,00%

Quadro III. 3 – Decomposição Preço Reciclagem de Pavimento In Situ c/ Cimento

- Saneamento de toda estrutura do pavimento existente e reposição

Descrição	Un	Preço custo	Margem	Preço Final
Remoção Britagem do Pavimento Existente	m2	33,52 €	15,01%	38,55 €

Quadro III. 4 – Preço Final Remoção e Britagem do Pavimento Existente

Decomposição do preço					
Distribuição dos custos					
	Mão obra	Materiais	Equip.	Subemp	Total
Valor	0,61 €	22,02 €	3,65 €	7,24 €	33,52 €
Percentagem	1,82%	65,69%	10,89%	21,60%	100,00%

Quadro III. 5 – Decomposição Preço Remoção Britagem do Pavimento Existente

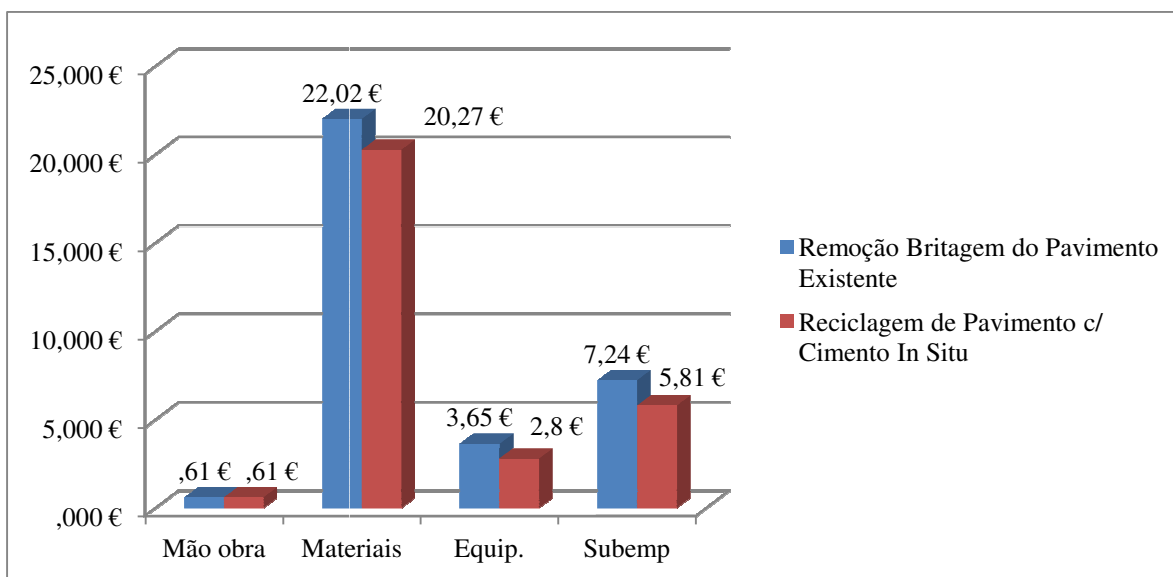


Gráfico III. 1 – Remoção Britagem Pavimento Existente / Reciclagem In Situ com Cimento

Estabelecendo uma análise comparativa dos resultados obtidos, pode-se verificar que o custo do saneamento de toda a estrutura do pavimento existente é superior ao da Reciclagem In situ com cimento. No entanto dadas as características da obra é adotada a técnica de remoção e britagem do pavimento. Há a registrar a mais valia de 1,67 € por m2 gerada com a incorporação do material nos aterros da obra.

Caso não fosse possível a referida incorporação teria que ser considerado o custo devido pela correspondente colocação e tratamento dos resíduos em vazadouro autorizado.

Descrição	Un	Preço custo	Margem	Preço Final
Saneamento da Estrutura do Pavimento Existente e Reposição colocação material vazadouro	m2	42,00 €	15,00%	48,30 €

Quadro III. 6 – Preço Final do Saneamento da Estrutura Pavimento Existente Reposição e Colocação Material a Vazadouro

Decomposição do preço					
Distribuição dos custos					
	Mão obra	Materiais	Equip.	Subemp	Total
Valor	0,61 €	33,05 €	4,00 €	4,34 €	42,00 €
Percentagem	1,45%	78,69%	9,52%	10,33%	100,00%

Quadro III. 7 - Decomposição Preço Saneamento estrutura Pavimento Existente e Colocação Material a Vazadouro

Existiria por isso um acréscimo de custos conforme se pode verificar no gráfico III.2 comparativo de custos, sendo o valor mais significativo o do custo com os materiais.

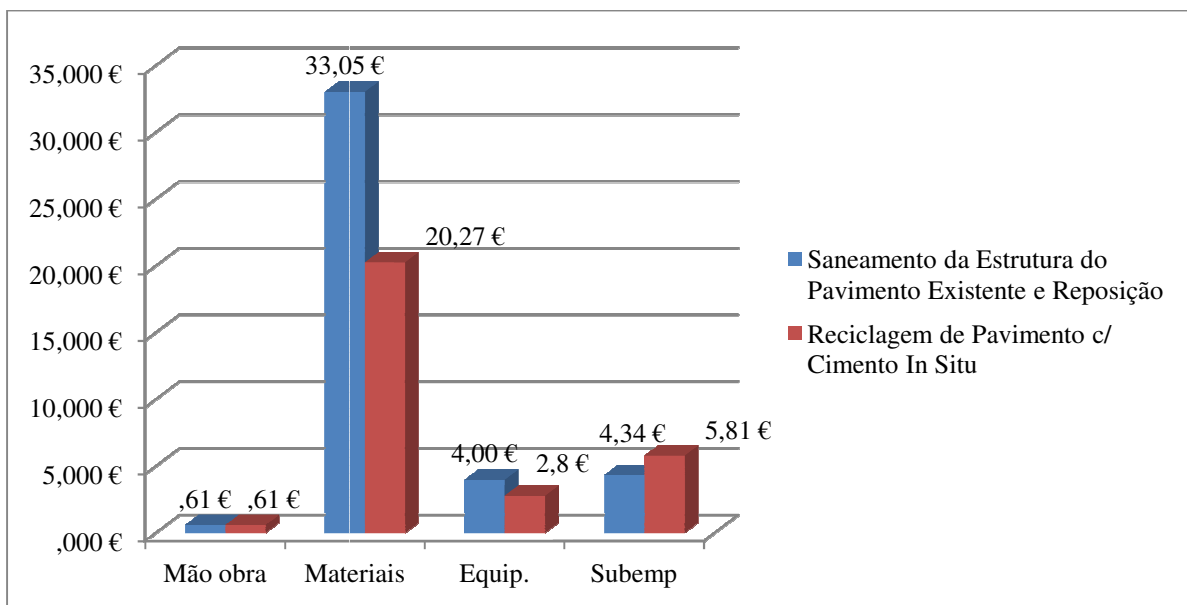


Gráfico III. 2 - Saneamento da Estrutura Pavimento Colocação Vazadouro e Reposição / Reciclagem de Pavimento c/ Cimento In Situ

A reciclagem in Situ com cimento é a situação mais vantajosa de acordo com os critérios de exigência aos vários níveis, nomeadamente pela diminuição dos materiais novos necessários, pela diminuição do volume de tráfego nas vias adjacentes à obra, pela dispensa de zonas de vazadouro e por existir igualmente no seu processo de execução um menor consumo de energia. No entanto, deve considerar-se que este processo tem a desvantagem da qualidade do trabalho ser afetada pelas condições locais, o que obriga a uma constante caracterização dos solos dos troços a reciclar, que depende das condições climáticas e que limita a abertura ao tráfego durante 7 dias após a conclusão, de forma a concretizar-se o processo de cura e obtida a resistência devida.

III.5.2. Análise Comparativa - Fresagem do Pavimento e Reposição com Misturas Betuminosas/Fresagem do Pavimento e Reposição com Misturas Betuminosas Recicladas.

Para os locais que apresentam maiores degradações mas em que a fundação se encontrava aceitável estrutura final do pavimento é composta por uma camada de desgaste em betão betuminoso com 5 cm de espessura, uma camada de base betuminosa em macadame betuminoso com 7 cm espessura, e uma camada sub-base de material granular com 20 cm de espessura, conforme Fig III.22.

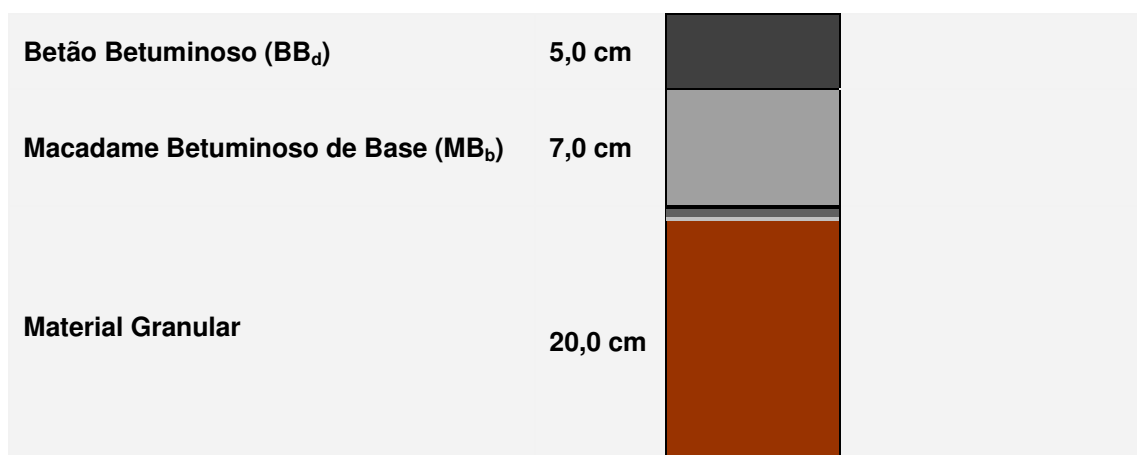


Figura III. 22- Estrutura Pavimento Final nos Locais com Fundação Aceitável

As soluções preconizadas contemplam as mesmas camadas betuminosas e diferem apenas no facto de que numa as misturas betuminosas são recicladas com a incorporação do material fresado, de acordo com o estudo apresentado. Na outra, as camadas betuminosas serão realizadas com misturas tradicionais, em que numa situação o material fresado é incorporado no aterro e noutra será transportado para vazadouro devidamente autorizado.

Para efeitos de cálculo considerou-se um rendimento diário 1500 m²/dia de uma equipe.

- Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas Tradicionais

Descrição	Un	Preço custo	Margem	Preço Final
Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas	m ²	18,41 €	14,99%	21,17 €

Quadro III. 8- Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas

Decomposição do preço					
Distribuição dos custos					
	Mão obra	Materiais	Equip.	Subemp	Total
Valor	0,61 €	11,88 €	3,47 €	2,45 €	18,41 €
Percentagem	3,31%	64,53%	18,85%	13,31%	100,00%

Quadro III. 9- Decomposição Preço Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas

-Fresagem e Reposição com Misturas Betuminosas Recicladas

Descrição	Un	Preço custo	Margem	Preço Final
Fresagem Pavimento c/ Reposição Misturas Betuminosas Recicladas	m2	18,80 €	15,00%	21,62 €

Quadro III. 10– Preço Final Remoção Britagem do Pavimento Existente

Decomposição do preço					
Distribuição dos custos					
	Mão obra	Materiais	Equip.	Subemp	Total
Valor	0,61 €	11,85 €	3,89 €	2,45 €	18,80 €
Percentagem	3,24%	63,03%	20,69%	13,03%	100,00%

Quadro III. 11- Decomposição Preço da Remoção Britagem do Pavimento Existente

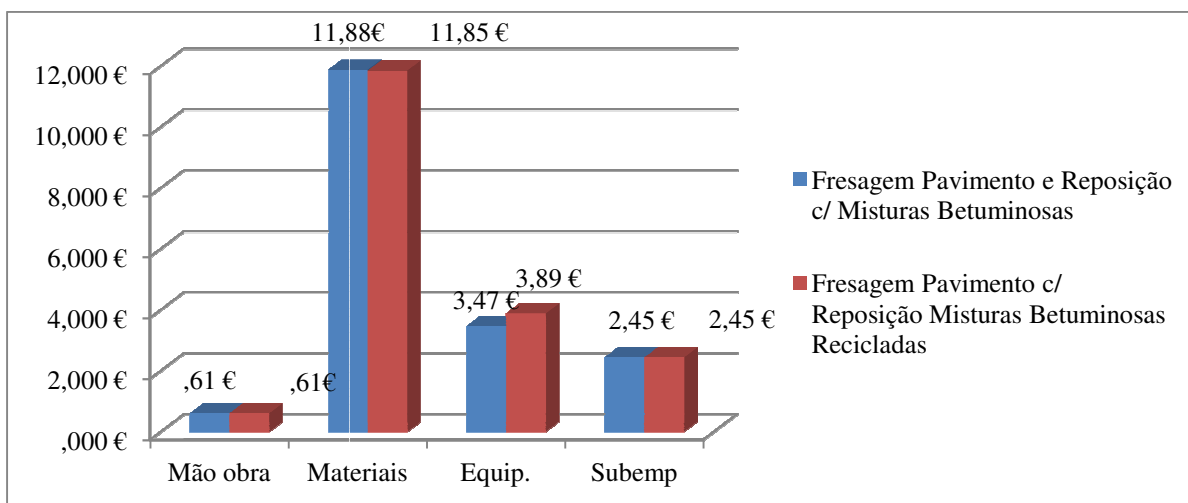


Gráfico III. 3- Fresagem Pavimento e Reposição c/ Misturas Betuminosas/Fresagem Pavimento c/ Misturas Betuminosas Recicladas

Estabelecendo uma análise comparativa dos resultados obtidos, pode-se verificar que o custo da Fresagem do Pavimento e Reposição com Misturas betuminosas é ligeiramente inferior ao da reposição de Misturas Betuminosas Recicladas. Com as misturas betuminosas recicladas conseguiu-se uma mais valia no preço de custo das massas de betuminoso referente à incorporação do material fresado na nova mistura.

No entanto, conforme já referido, era possível a incorporação do material fresado nos aterros a realizar. Este facto permitiu gerar mais valias nos materiais de aterro e no transporte do material fresado.

Caso não fosse possível a referida incorporação teria que se considerar o custo devido pela correspondente colocação e tratamento dos resíduos em vazadouro autorizado e aí a solução de utilização de misturas betuminosas recicladas seria muito mais vantajosa.

Descrição	Un	Preço custo	Margem	Preço Final
Fresagem Pavimento Colocação Material a Vazadouro e Reposição c/ Misturas Betuminosas	m2	29,86 €	15,00%	34,34 €

Quadro III. 12 – Preço Final da Fresagem Pavimento Colocação Material a Vazadouro e Reposição c/ Misturas Betuminosas

Decomposição do preço					
Distribuição dos custos					
	Mão obra	Materiais	Equip.	Subemp	Total
Valor	0,61 €	22,91 €	3,89 €	2,45 €	29,86 €
Percentagem	2,04%	76,72%	13,03%	8,20%	100,00%

Quadro III. 13 – Decomposição do Preço da Fresagem Pavimento Colocação Material a Vazadouro c/ Misturas Betuminosas.

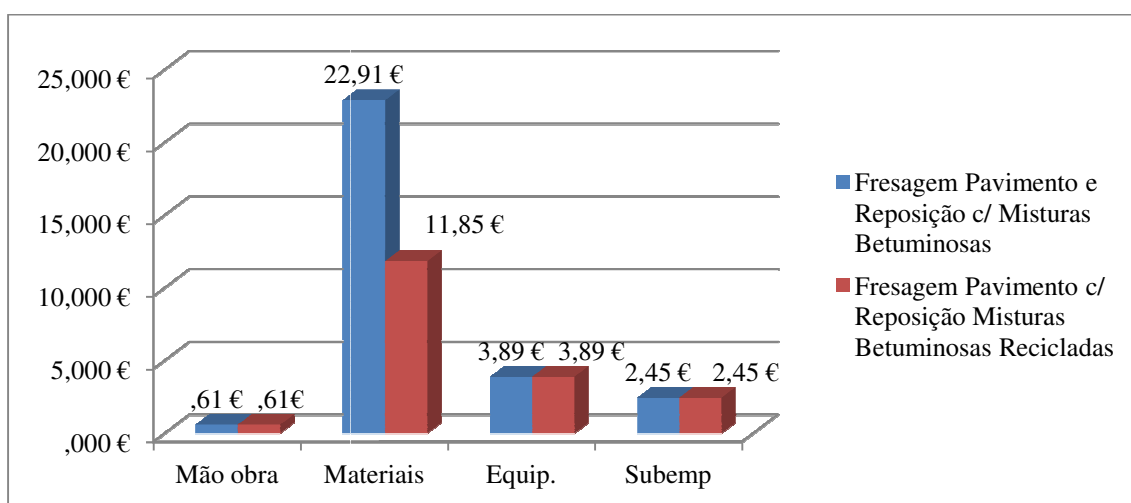


Grafico III. 4 - Fresagem Pavimento, Colocação Material a Vazadouro e Reposição c/ Misturas Betuminosas/Fresagem Pavimento c/ Reposição Misturas Recicladas

A fresagem do pavimento e reposição de massas betuminosas tradicionais, com o material fresado incorporado no aterro, é a situação mais vantajosa devido à maior valia gerada pela incorporação do material e pela diminuição do custo de transporte do material reciclado para a central. Para além disso, o fabrico da nova mistura apresenta a desvantagem de aumentar o consumo de energia e provoca a emissão de substâncias poluentes para a atmosfera. No entanto, caso não fosse possível a incorporação do material nos aterros e fosse necessário a sua colocação no vazadouro, a solução da utilização de misturas betuminosas recicladas seria mais vantajosa, uma vez que a reposição do material fresado para o vazadouro, obrigaria a um maior consumo de novos materiais, a um acréscimo adicional de custos de transporte e ainda a custos correspondentes de tratamento de resíduos.

CONCLUSÃO

A economia portuguesa vive um período de forte contração motivada pelas fortes medidas restritivas da política orçamental desencadeada no seguimento do pedido de assistência financeira à União Europeia e ao Fundo Monetário Internacional (FMI). As restrições de natureza orçamental impõem restrições na despesa pública e inevitavelmente no investimento público, afetando negativamente o mercado interno da construção. Este facto, aliado à crise financeira, à dificuldade de obtenção de crédito, à ausência de investimento do setor privado e à política desenfreada errada de construção massiva, que se verificou no setor nos últimos anos, fazem com que neste momento, este seja o setor mais afetado pela atual crise. Mas esta tomada consciência do problema não deve levar à paralisia. Esta tomada de consciência deverá servir para que haja uma mudança de atitude nas estratégias adotar de forma a corrigir os erros cometidos no passado a adotar soluções que garantam a sobrevivência no futuro. Este fator de pressão conduz a duas vias: considerar a internacionalização como solução do problema, ou apostar no mercado interno, com mudança das políticas do setor. É certo que a internacionalização será uma via para solução do problema, uma vez que o desenvolvimento registado nos últimos anos, nos dotou de meios técnicos e humanos capazes de competir no mercado externo. No entanto há que considerar que a atividade da construção é importante e fundamental para economia portuguesa, uma vez que a sua cadeia produtiva, não se refere unicamente na sua ação direta, existe ainda o todo o movimento a montante e a jusante criado nos vários setores.

Na primeira parte deste trabalho, o estudo realizado permitiu perceber as necessidades locais e concluir que a reabilitação do existente, surge como a grande janela de oportunidade, como forma de potenciar e dinamizar o mercado da construção.

No caso da reabilitação rodoviária, referência principal deste estudo a reciclagem de pavimentos flexíveis, surge como um tema atual e de vital importância para o setor neste ramo da construção.

Com a elaboração do presente trabalho pretendeu-se realçar essa importância e evidenciar que não se deve reciclar simplesmente porque é uma questão ecológica, mas sim porque é tecnicamente adequado e porque se obtêm consideráveis vantagens económicas.

Uma análise económica pretende quantificar e caracterizar os custos para viabilizar um determinado procedimento. Será necessário saber quais as variáveis que conduzem a vantagens ou desvantagens, de modo a justificar uma decisão estratégica. Para isso foi elaborado uma análise comparativa das diversas soluções do caso de estudo, de modo a fornecer os referidos elementos, para que possam influenciar a tomada decisão.

Na análise caso de estudo, pode verificar-se que os materiais são o fator que mais pesa no custo final das pavimentações, sendo essa ponderação sempre acima dos 60%. Os

resultados obtidos evidenciam, que sempre que se faz a incorporação dos materiais no processo construtivo, se conseguem mais valias significativas, o que permite concluir que reciclar é efetivamente mais vantajoso em termos económicos.

Este trabalho procurou igualmente disponibilizar elementos e ferramentas que podem ajudar a melhorar procedimentos e processo de execução da pavimentação e reabilitação rodoviária, uma vez que foram retratados várias técnicas nomeadamente a utilização de geogrelha de proteção de fissuras que é uma inovação em Portugal.

Importa por fim referenciar que esta dissertação o seu tema não esgota aqui e poderá ser uma base de trabalho para futuras investigações nesta área podendo levar a um maior detalhe das soluções apresentadas em que poderá ser considerado, como investigação futura um apurado estudo económico no sentido de avaliar consumos energéticos e custos indiretos associados a cada uma das soluções.

BIBLIOGRAFIA

Alibaba.com. Acedido em Janeiro 2013: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/sy4500-hot-recycler-in-situ-476739299.html>.

Antunes, Maria de Lurdes e Batista, Fátima (2007). 2ª Jornada Cepsa Betumes / CRP – Reciclagem Pavimentos Usando Ligantes Betuminosos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil Lisboa.

Azevedo, Maria da Conceição. “Reciclagem de Pavimentos”. Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias IP.

Azevedo, M (2009a). - Construção e Reabilitação de Pavimentos – Ligantes Betuminosos. Documento Base, INIR, Lisboa, 2009.

Azevedo, M (2009b) - Construção e Reabilitação de Pavimentos – Reciclagem de Pavimentos. Documento Base, INIR, Lisboa.

Batista, Fátima (2005).Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários. Laboratório Nacional de Engenharia Civil Lisboa.

Batista, F (2004). Novas Técnicas de Reabilitação de Pavimentos – Misturas Betuminosas Densas a Frio. Dissertação para obtenção Grau de Doutoramento em Engenharia - FEUP, Porto.

CEPSA, 2007. Manual de Pavimentação, Lisboa.

Coiás, Vitor (Set,2007). Reabilitação a melhor via para construção sustentável.

Costa, Hugo (2008). Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Cunha, Celia (2010). Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de especialização de Vias de Comunicação e Transportes. Instituto Superior Engenharia Lisboa, Lisboa.

DPL – Direção de Planeamento, Gabinete de controlo de Gestão e Sistemas de Informação, Instituto de Infraestruturas Rodoviárias (INIR,IP),Agosto 2011, Relatório de Monitorização da Rede Rodoviária Nacional.

DPL – Direção de Planeamento, Gabinete de controlo de Gestão e Sistemas de Informação, Instituto de Infra-estruturas Rodoviárias (INIR,IP),Agosto 2011, Disposições Normativas – Construção Reabilitação de Pavimentos, Reciclagem Pavimentos.

EAPA, 2007 .Long-Life Asphalt Pavements – Technical Version, European Asphalt Pavement Association ,Brussels, Belgica.

Engenhariacivil.com.Acedido Janeiro 2013:<http://www.engenhariacivil.com>

FEPICOP – Federação Portuguesa da Industria Construção Civil e Obras Publicas ,(Jan,2012),Comunicação nº58 “Conjuntura da Construção”.

Fernandez del Campo, Juan António (1983). “*Pavimentos Bituminosos en Frio*”. Barcelona, Editores Técnicos Associados.

Fonseca, Paulo (2002). Reciclagem de Pavimentos. Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança.

Gomes, L. S. (2005) - Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2005.

Memória Descritiva do Projeto, Pavimentação, Lanço H – IP2 Beja/Castro Verde (A2/IP1) de 29-01-2010.

Miranda & Pereira (1999) - Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários. Departamento de Engenharia Civil – Universidade do Minho, Braga.

Pereira & Moreira (2007) - Reutilização de Material Fresado em Camadas Estruturais de Pavimento – Novas Perspetivas. VI Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2007.

Picado-Santos, L Branco, F, Pereira P (2008) - Pavimentos Rodoviários. Almedina, Coimbra, 2008. .

Picado-Santos L, Baptista A. M. (2008) - Formulação de Misturas Betuminosas Recicladas a Quente.

Picado-Santos L, Baptista A. M.(2009) - Misturas Betuminosas a Quente com Alta Incorporação de Material Fresado. 2as Jornadas Cepsa Betumes /CRP, Lisboa.

Shell , “Shell Pavement Manual. Asphalt Pavements and Overlays for Road Traffic”. Shell Internacional Petroleum Company Ltd, London,1978.

Vieira, L. (2003) - Pavimentação – Reciclagem Semiquente em Central. Atas das II Jornadas Luso-Brasileiras de Pavimentos – Pavimentos Sustentáveis. Faculdade de Engenharia do Porto.

Wirtgen Group - Cold Recycling Manual. Alemanha. (Wirtgen, 2004).

Wirtgen@. Acedido em Junho de 2012: <http://www.wirtgen.de/en/produkte/Produktbereich.html>.

ANEXOS

- ANEXO 1 – Levantamento Fotográfico das Patologias do Traçado

- ANEXO 2 – Adenda ao Relatório de Estudo Laboratorial Misturas Betuminosas.

ANEXO I



Fenda Longitudinal Ramificada com Bordos Degradados, Ninhos



Pele de Crocodilo, Pelada de Grande Dimensão. Vários Ninhos.



Fenda Transversal, Fendas de Fadiga



Pele de Crocodilo, Fendas com Bordos Bastante Degradados e Desagregação



Pele de Crocodilo, Remendo de Grande Dimensão



Fendas Transversal e Longitudinal Ramificadas, Desagregação do Pavimento



MOTA-ENGINIL

PAVIMENTAÇÕES

**ADENDA AO RELATÓRIO DE ESTUDO LABORATORIAL
MISTURAS BETUMINOSAS**

CONDURIL

Subconcessão do Baixo Alentejo - Lanço H - Castro Verde / Mértola

AC 20 Base/Reg 35/50 (MB)

Abril de 2011

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	2
2. REQUISITOS DO CADERNO DE ENCARGOS (C.E).....	2
2.1 Características do Betume.....	2
2.2 Características da Mistura Betuminosa.....	2
3. CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES DA MISTURA.....	3
3.1 Características do Betume.....	3
3.1.1 Características do betume recuperado da RA	3
3.1.2 Características do betume de adição	3
4. CARACTERÍSTICAS DA MISTURA BETUMINOSA	4
4.1 Características da Mistura de Agregados.....	4
4.2 Características da Mistura Betuminosa.....	6
4.3 Características do betume final.....	7
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	8

Anexo 1 – Características do betume de adição.

Anexo 2 – Características das Mistura Betuminosas Recicladas

Anexo 3 – Resultados dos ensaios da mistura betuminosa

1. INTRODUÇÃO

A presente adenda ao estudo “Marshall”, refere-se à reformulação da composição da mistura betuminosa – AC 20 Base/Reg 35/50 (MB), com a incorporação de Misturas Betuminosas Recicladas (RA – Reclaimed Asphalt), a utilizar na empreitada **“Subconcessão do Baixo Alentejo - Lanço H - Castro Verde / Mértola”**

As RA são provenientes da fresagem efectuada empreitada acima referida.

2. REQUISITOS DO CADERNO DE ENCARGOS (C.E)

2.1 Características do Betume

O betume a utilizar no fabrico desta mistura deve-se cumprir as características de um betume de penetração nominal do tipo 35/50.

2.2 Características da Mistura Betuminosa

A mistura betuminosa deve apresentar as seguintes características “Marshall”:

Estabilidade (N)	8000 a 15000
Deformação máxima (mm)	4
Porosidade ¹ (%)	4 a 6
V.M.A (%)	≥ 13
Relação ponderal filer / betume	1,1 a 1,5
Resistência Conservada (%)	> 70

¹ Os cálculos da porosidade devem ser efectuados com base na baridade máxima teórica, determinada pelo método do picnómetro de vácuo (ASTM D2041).

3. CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES DA MISTURA

3.1 Características do Betume

3.1.1 Características do betume recuperado da RA

O betume recuperado da RA foi quantificado e caracterizado. No quadro 1 apresenta-se os valores obtidos, os boletins de ensaio apresentam-se no anexo 1.

Quadro 1 – Resultados dos ensaios do betume recuperado.

Nº de Sondagem	1	2	3	Média
% de Betume no RA	4,3	4,3	4,3	4,3
Penetração	18	16	17	17
Temp. Amolecimento	66,4	69,2	68,8	68

3.1.2 Características do betume de adição

O betume de adição, corresponde a um betume de penetração nominal 35/50, que foi caracterizado de acordo com os ensaios de penetração e de temperatura de amolecimento. No quadro 2 apresenta-se os valores obtidos, os boletins de ensaio apresentam-se no anexo 1.

Quadro 2 – Resultados dos ensaios ao betume de adição

Ensaio	Valor obtido
Penetração	45
Temp. Amolecimento	52

4. CARACTERÍSTICAS DA MISTURA BETUMINOSA

4.1 Características da Mistura de Agregados

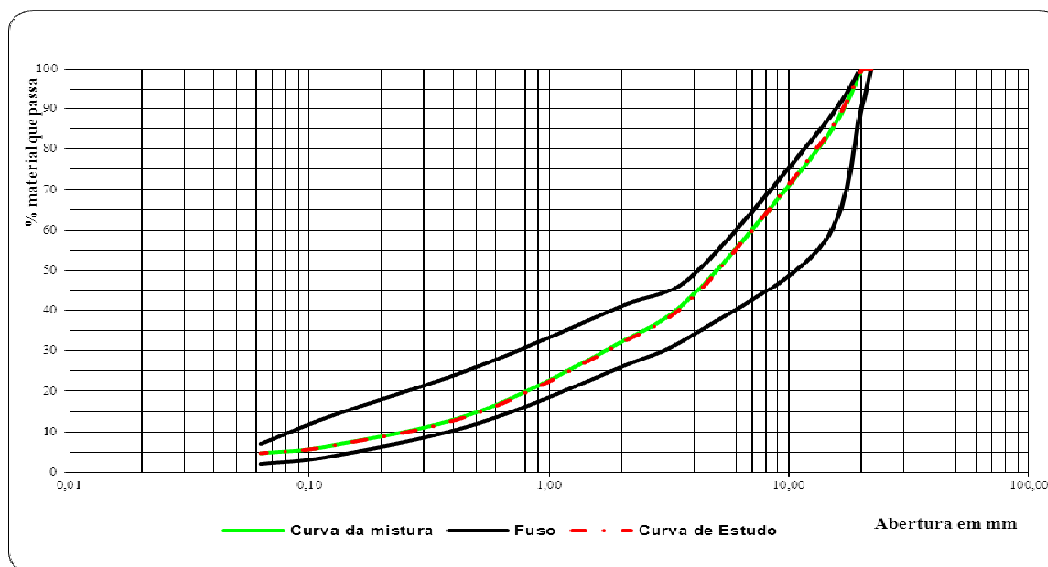
Com base nas granulometrias dos constituintes da mistura betuminosa (agregados e RA) determinaram-se as proporções dos materiais granulares a adoptar, de modo a obter uma mistura de agregados que se ajustasse, tão bem quanto possível, a curva granulométrica inicialmente estudada (sem incorporação de RA). Para tal, utilizou-se um programa de cálculo que permite determinar automaticamente as proporções a incluir na mistura de cada um dos agregados disponíveis. Assim, o cálculo efectuado patenteia que a curva granulométrica que melhor se ajusta ao fuso adoptado é a resultante da combinação das seguintes percentagens de materiais:

Agregados	Percentagem
Areão 0/6	41
Brita 6/14	34
Brita 14/20	10
RA	15
Total	100

Indica-se no Quadro 3 e Figura 1 a curva granulométrica agora estudada e comparando-a com a obtida na mistura sem incorporação de RA.

Quadro 3 – Curva granulométrica de estudo

Abertura das malhas dos peneiros	Curva Granulométrica de Estudo	Curva granulométrica incorporando RA
31,5 mm	100	100
20 mm	99,6	99,6
12,5 mm	82,5	82,1
4,00 mm	43,5	44,0
2,00 mm	31,9	32,1
0,50 mm	14,6	14,8
0,125 mm	6,6	6,6
0,063 mm	4,8	4,7



A curva granulométrica segue o andamento da curva de referência (sem incorporação de RA).

4.2 Características da Mistura Betuminosa

Nesta secção serão apresentados os resultados obtidos através da moldagem de provetes “Marshall” do macadame betuminoso com a incorporação de 15% de RA.

Realizou-se uma série de 6 provetes com a percentagem óptima em betume do estudo (4,2% relativamente a massa total da mistura). O fabrico dos provetes consistiu na execução de amassaduras individuais e posterior compactação do material num compactador “Marshall” automático, aplicando 75 pancadas em cada um dos topos dos provetes.

Após o fabrico da mistura betuminosa procedeu-se à recuperação do betume de forma a aferir os resultados dos ensaios de penetração e ponto de amolecimento.

Concluída a fase de preparação dos provetes, estes foram ao processo de experimentação, sendo determinadas as seguintes grandezas: a baridade, a força de rotura, a deformação, a porosidade, o V.M.A e a resistência conservada.

No Quadro 4 apresentam-se as médias desses valores.

Quadro 4 – Características da mistura betuminosa

Característica da Mistura		Valores obtidos	Valores Estudo	C.E
Estabilidade (Força de Rotura)	N	17435	16783	8000 a 15000
Deformação	mm	2,85	3,0	≤ 4,0
Baridade	g/cm ³	2,374	2,380	---
Baridade máxima teórica	g/cm ³	2,498	2,502	---
Porosidade	%	5,0	4,9	4 a 6
V.M.A	%	14,6	14,6	≥14
Relação Fíler / Betume	%	1,14	1,13	1,1 a 1,5
Resistência Conservada	%	83	81	≥75

4.3 Características do betume final.

Quadro 5 – Resultados dos ensaios ao betume final.

Ensaio	Valor obtido
Penetração	37
Temperatura de Amolecimento	56

Conforme se pode observar no Quadro 5 o betume final (recuperado após o fabrico da mistura betuminosa com incorporação de 15% de RA) cumpre o betume especificado no projecto de execução da empreitada.

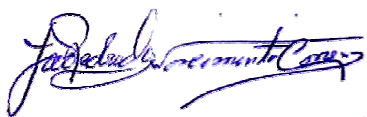
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propõe-se o fabrico da mistura AC 20 Base/Reg 35/50 (MB) com a incorporação de 15% de RA conforme a composição abaixo.

Fracções	%
Areão 0/6	39,2
Brita 6/14	32,6
Brita 14/20	9,6
RA	15,0
Betume a adicionar	3,6
Betume total	4,2

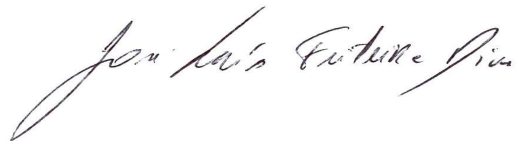
Porto, 18 de Abril de 2011.

Responsável de Laboratório



João Correia




Director Técnico




Dr. José Luís Feiteira Dias

Anexo 1

Características do Betume de adição

	Ensaios solicitados		AMOSTRA	2746	
	Misturas Betuminosas		AMOSTRA C.P.		
			DATA:	08-04-2011	
PRODUTO :	Betume 35 / 50		ENSAIOU:		
LOCAL DA APLICAÇÃO:	Misturas Betuminosas		VERIFICOU:		
DATA DE RECOLHA		06-04-2011	TEMPERATURA (°C)		150°C
HORA DE RECOLHA		11:00	OPERADOR DE RECOLHA		João Correia
<input type="checkbox"/>	IMP.35 / 1 - EXTRACÇÃO DE BETUME PELO MÉTODO DE CENTRIFUGAÇÃO - EN 12697-1				
<input type="checkbox"/>	IMP.37 / 1 - DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE BETUME POR INCINERAÇÃO - EN 12697-39				
<input type="checkbox"/>	IMP.36 / 1 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA - EN 12627-2 / NP EN 933-1				
<input type="checkbox"/>	IMP.38 / 1 - DETERMINAÇÃO DA MAXIMA DENSIDADE - EN 12697-5				
<input type="checkbox"/>	IMP.39 / 1 - ENSAIO MARSHALL - EN 12697-34				
<input type="checkbox"/>	IMP.40 / 1 - DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE COMPACTADA - EN 12697 - 6				
<input type="checkbox"/>	IMP.41 / 1 - DETERMINAÇÃO DA SENSIBILIDADE À ÁGUA - EN 12697 - 12				
<input type="checkbox"/>	IMP.42 / 1 - ÍNDICE DE RESISTÊNCIA CONSERVADA - MIL-STD-620A				
<input type="checkbox"/>	IMP.43 / 1 - ENSAIO CANTABRO - NLT 352 / NLT 363				
<input checked="" type="checkbox"/>	IMP.54 / 1 - ENSAIO DE PENETRAÇÃO DE BETUMES - EN 1426				
<input checked="" type="checkbox"/>	IMP.54 / 1 - PONTO DE AMOLECIMENTO PELO METODO DE ANEL E BOLA - EN 1427				

	AMOSTRA	2746
	AMOSTRA C.P.	
	DATA	08-04-2011
Produto	Betume 35/50	ENSAIOU
Penetração de betumes - EN 1426		<i>[Signature]</i>
Ponto de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427		VERIFICOU
		<i>[Signature]</i>

Penetração de betumes - EN 1426

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Temperatura de ensaio	°C	25
-----------------------	----	-----------

Penetração da agulha 1	0,1 mm	45
Penetração da agulha 2	0,1 mm	45
Penetração da agulha 3	0,1 mm	46

Penetração media do provete	0,1 mm	45
-----------------------------	--------	-----------

Ponto de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Liquido no banho

 Agua destilada

 Glicerol

Temp. de amolecimento do anel 1	0,1 °C	52,2
Temp. de amolecimento do anel 2	0,1 °C	51,8

Temperatura media de amolecimento	0,2 °C	52,0
-----------------------------------	--------	-------------

Anexo 2

Características das Misturas Betuminosas Recicladas

RELATORIO DE ENSAIO					
AMOSTRA	2747	PROCESSO		Nº DE PAGINAS	1+3

MISTURA BETUMINOSA
RESUMO DAS CARACTERISTICAS MARSHALL

DADOS DO CLIENTE

CLIENTE : Central de Betuminoso de Ourique

OBRA / CENTRO DE CUSTO : Central de Betuminoso de Ourique

DADOS DA AMOSTRA

DESCRIÇÃO DO MATERIAL : Mistura Betuminosa Reciclada - RA

FORNECEDOR:

ORIGEM: Fresagem do lanço H2 - Subconcessão do Baixo Alentejo

LOCAL DE RECOLHA: Lote 1 do Stock - Amostra 1

DATA DE RECOLHA : 06-04-2011

RESPONSIBILIDADE DA AMOSTRAGEM: Laboratório Mota Engil Pavimentações

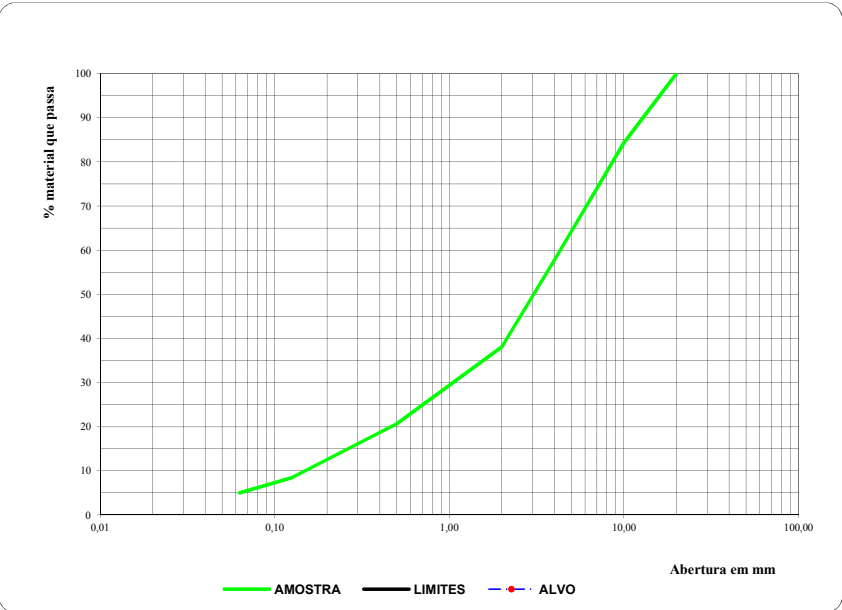
DATA DE ENTRADA NO LABORATÓRIO: 06-04-2011

ENSAIOS A REALIZAR

PERCENTGEM DE BETUME	✓		ÍNDICE DE SENSIBILIDADE À AGUA
ANALISE GRANULOMÉTRICA	✓		TEOR EM AGUA
BARIDADE MAXIMA TEORICA			
BARIDADE DE MISTURAS COMPACTADAS			
VAZIOS DA MISTURA COMPACTADA			
ENSAIO DE MARSHALL			
I.R.C.			
CANTABRO SECO			
CANTABRO HUMIDO			

**MISTURA BETUMINOSA
RESUMO DAS CARACTERISTICAS MARSHALL**

# (mm)	%	FUSO
31,50		
20,00	100,0	
16,00		
14,00		
12,50		
10,00	84,3	
8,00		
6,30		
5,60		
4,00	57,8	
2,00	38,1	
1,00		
0,50	20,7	
0,25		
0,125	8,4	
0,063	5,1	



PARAMETROS

RESULTADOS		MINIMO	MÁXIMO
PERCENTAGEM DE BETUME	4,3 %		
BARIDADE DA MISTURA COMPACTADA	Kg/m3		
BARIDADE MAXIMA TEORICA	Kg/m3		
POROSIDADE	%		
V.M.A.	%		
V.F.B.	%		
GRAU DE COMPACTAÇÃO	%		
ESTABILIDADE			
DEFORMAÇÃO			
QUOCIENTE MARSHALL			
I.R.C.			
ÍNDICE DE SENSIBILIDADE Á AGUA			
CANTABRO SECO			
CANTABRO HUMIDO			
RELAÇÃO FÍLER / BETUME			

VERIFICOU



DATA: 11-04-2011

**PERCENTAGEM DE BETUME - CENTRIFUGAÇÃO
ASTM D 2172**

RECUPERAÇÃO DE FINOS

	SIM	NÃO
	✓	

Nº DO ENSAIO	1		
MASSA DA CUBA + FILTRO	2343,6		
MASSA DA CUBA + FILTRO + AMOSTRA (0,1g)	4609,4		
MASSA DA CUBA + FILTRO + INERTES (0,1g)	4512,3		
MASSA DOS FINOS RECUPERADOS			
MASSA INICIAL DA AMOSTRA (0,1g)	2265,8		
MASSA DO BETUME (0,1g)	97,1		
MASSA DOS INERTES (0,1g)	2168,7		
PERCENTAGEM DE BETUME (0,1%)	4,3		
MÉDIA	4,3		

EXECUTOU

RL

DATA: 06-04-2011

VERIFICOU

[Signature]

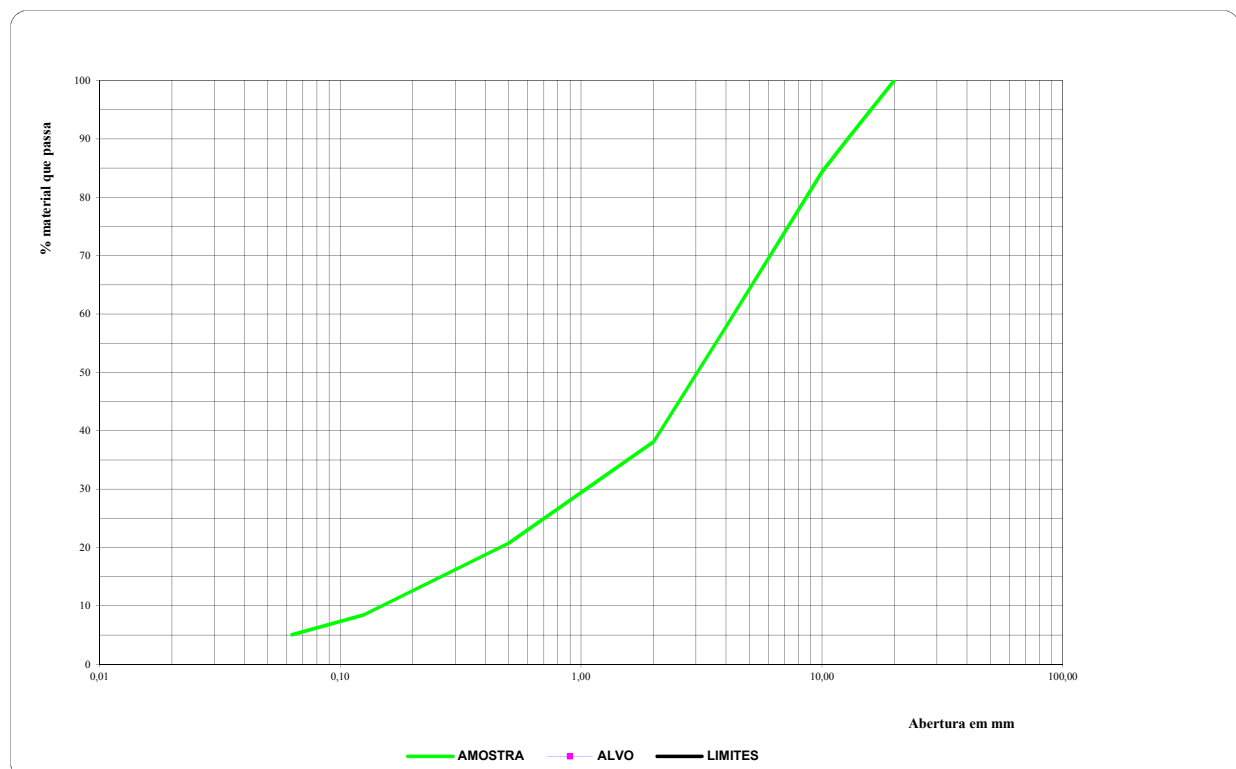
DATA: 11-04-2011

ANALISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS
NP EN 933-1

MASSA INICIAL		2168,7	
MASSA SECA APÓS LAVAGEM		2059,1	
PENEIROS		MATERIAL RETIDO	
#	mm	MASSA	%
31,50			
20,00			
16,00			
14,00			
12,50		227,7	10,5
10,00		112,5	5,2
8,000			
6,300			
5,600			
4,000		575,3	26,5
2,000		426,9	19,7
1,000			
0,500		377,5	17,4
0,250			
0,125		265,8	12,3
0,063		73,4	3,4
MASSA < 0,074 mm		109,6	5,1
Σ		2168,7	100

PASSADO
%
100,0
89,5
84,3
57,8
38,1
20,7
8,4
5,1

VALOR ALVO	PENEIRO S mm	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
	31,50		
	20,00		
	16,00		
	14,00		
	12,50		
	10,00		
	8,00		
	6,30		
	5,60		
	4,00		
	2,00		
	1,00		
	0,50		
	0,25		
	0,13		
	0,06		



EXECUTOU

re

VERIFICOU




Assis

DATA:

06-04-2011

DATA:

11-04-2011

	AMOSTRA	2747
	AMOSTRA C.P.	
	DATA	08-04-2011
Produto	Betume recuperado	ENSAIOU 
Penetração de betumes - EN 1426 de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427	Ponto	VERIFICOU 

Penetração de betumes - EN 1426

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Temperatura de ensaio	°C	25
-----------------------	----	----

Penetração da agulha 1	0,1 mm	18
Penetração da agulha 2	0,1 mm	18
Penetração da agulha 3	0,1 mm	18

Penetração media do provete	0,1 mm	18
-----------------------------	--------	----

Ponto de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Liquido no banho

 Agua destilada

 Glicerol

Temp. de amolecimento do anel 1	0,1 °C	66,2
Temp. de amolecimento do anel 2	0,1 °C	66,6

Temperatura media de amolecimento	0,2 °C	66,4
-----------------------------------	--------	------

RELATORIO DE ENSAIO					
AMOSTRA	2748	PROCESSO		Nº DE PAGINAS	1+3

**MISTURA BETUMINOSA
RESUMO DAS CARACTERISTICAS MARSHALL**

DADOS DO CLIENTE

CLIENTE : Central de Betuminoso de Ourique

OBRA / CENTRO DE CUSTO : Central de Betuminoso de Ourique

DADOS DA AMOSTRA

DESCRIÇÃO DO MATERIAL : Mistura Betuminosa Reciclada

FORNECEDOR:

ORIGEM: Fresagem do lanço H2 - Subconcessão do Baixo Alentejo

LOCAL DE RECOLHA: Lote 1 do Stock - Amostra 2

DATA DE RECOLHA : 06-04-2011

RESPONSIBILIDADE DA AMOSTRAGEM: Laboratório Mota Engil Pavimentações

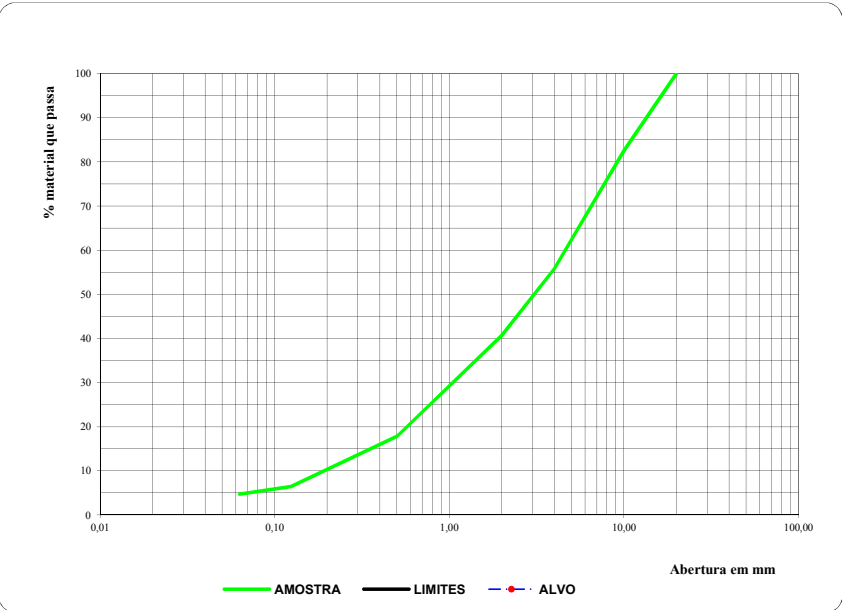
DATA DE ENTRADA NO LABORATÓRIO: 06-04-2011

ENSAIOS A REALIZAR

PERCENTGEM DE BETUME	✓		ÍNDICE DE SENSIBILIDADE À AGUA
ANALISE GRANULOMÉTRICA	✓		TEOR EM AGUA
BARIDADE MAXIMA TEORICA			
BARIDADE DE MISTURAS COMPACTADAS			
VAZIOS DA MISTURA COMPACTADA			
ENSAIO DE MARSHALL			
I.R.C.			
CANTABRO SECO			
CANTABRO HUMIDO			

**MISTURA BETUMINOSA
RESUMO DAS CARACTERISTICAS MARSHALL**

# (mm)	%	FUSO
31,50		
20,00	100,0	
16,00		
14,00		
12,50		
10,00	82,5	
8,00		
6,30		
5,60		
4,00	55,8	
2,00	40,7	
1,00		
0,50	17,8	
0,25		
0,125	6,5	
0,063	4,8	



PARAMETROS

RESULTADOS		MINIMO	MÁXIMO
PERCENTAGEM DE BETUME	4,3 %		
BARIDADE DA MISTURA COMPACTADA	Kg/m3		
BARIDADE MAXIMA TEORICA	Kg/m3		
POROSIDADE	%		
V.M.A.	%		
V.F.B.	%		
GRAU DE COMPACTAÇÃO	%		
ESTABILIDADE			
DEFORMAÇÃO			
QUOCIENTE MARSHALL			
I.R.C.			
ÍNDICE DE SENSIBILIDADE Á AGUA			
CANTABRO SECO			
CANTABRO HUMIDO			
RELAÇÃO FÍLER / BETUME			

VERIFICOU



DATA: 11-04-2011

**PERCENTAGEM DE BETUME - CENTRIFUGAÇÃO
ASTM D 2172**

RECUPERAÇÃO DE FINOS

SIM	NÃO
✓	

Nº DO ENSAIO	1		
MASSA DA CUBA + FILTRO	2342,9		
MASSA DA CUBA + FILTRO + AMOSTRA (0,1g)	4703,5		
MASSA DA CUBA + FILTRO + INERTES (0,1g)	4602,0		
MASSA DOS FINOS RECUPERADOS			
MASSA INICIAL DA AMOSTRA (0,1g)	2360,6		
MASSA DO BETUME (0,1g)	101,5		
MASSA DOS INERTES (0,1g)	2259,1		
PERCENTAGEM DE BETUME (0,1%)	4,3		
MÉDIA	4,3		

EXECUTOU


RL

DATA: 06-04-2011

VERIFICOU

[Signature]

DATA: 11-04-2011

	AMOSTRA	2748
	AMOSTRA C.P.	
	DATA	08-04-2011
Produto	Betume recuperado	ENSAIOU
Penetração de betumes - EN 1426		VERIFICOU
Ponto de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427		

Penetração de betumes - EN 1426

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Temperatura de ensaio	°C	25
-----------------------	----	-----------

Penetração da agulha 1	0,1 mm	15
Penetração da agulha 2	0,1 mm	16
Penetração da agulha 3	0,1 mm	16

Penetração media do provete	0,1 mm	16
-----------------------------	--------	-----------

Ponto de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Liquido no banho

 Agua destilada

 Glicerol

Temp. de amolecimento do anel 1	0,1 °C	69,6
Temp. de amolecimento do anel 2	0,1 °C	68,8

Temperatura media de amolecimento	0,2 °C	69,2
-----------------------------------	--------	-------------

RELATORIO DE ENSAIO					
AMOSTRA	2749	PROCESSO		Nº DE PAGINAS	1+3

**MISTURA BETUMINOSA
RESUMO DAS CARACTERISTICAS MARSHALL**

DADOS DO CLIENTE

CLIENTE : Central de Betuminoso de Ourique

OBRA / CENTRO DE CUSTO : Central de Betuminoso de Ourique

DADOS DA AMOSTRA

DESCRIÇÃO DO MATERIAL : Mistura Betuminosa Reciclada

FORNECEDOR:

ORIGEM: Fresagem do lanço H2 - Subconcessão do Baixo Alentejo

LOCAL DE RECOLHA: Lote 1 do Stock - Amostra 3

DATA DE RECOLHA : 06-04-2011

RESPONSIBILIDADE DA AMOSTRAGEM: Laboratório Mota Engil Pavimentações

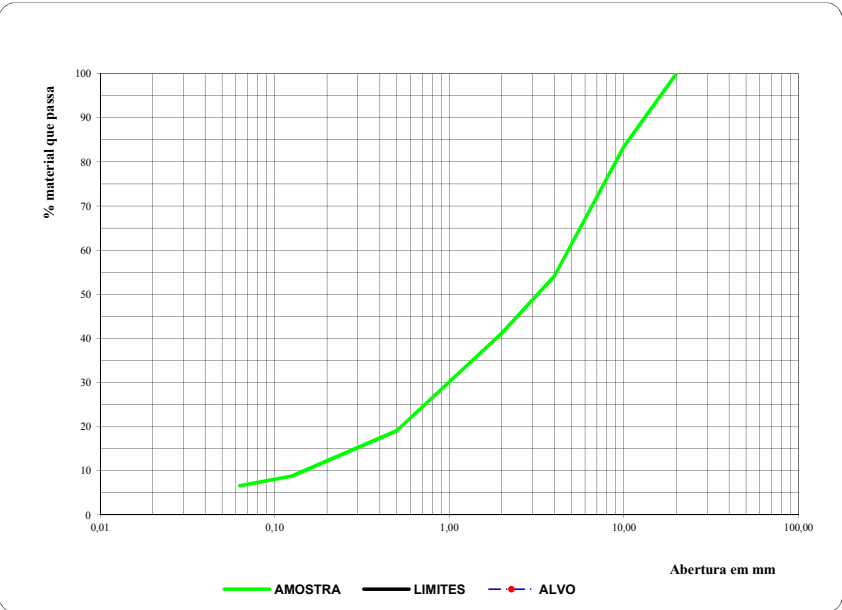
DATA DE ENTRADA NO LABORATÓRIO: 06-04-2011

ENSAIOS A REALIZAR

PERCENTGEM DE BETUME	✓		ÍNDICE DE SENSIBILIDADE À AGUA
ANALISE GRANULOMÉTRICA	✓		TEOR EM AGUA
BARIDADE MAXIMA TEORICA			
BARIDADE DE MISTURAS COMPACTADAS			
VAZIOS DA MISTURA COMPACTADA			
ENSAIO DE MARSHALL			
I.R.C.			
CANTABRO SECO			
CANTABRO HUMIDO			

**MISTURA BETUMINOSA
RESUMO DAS CARACTERISTICAS MARSHALL**

# (mm)	%	FUSO
31,50		
20,00	100,0	
16,00		
14,00		
12,50		
10,00	83,4	
8,00		
6,30		
5,60		
4,00	54,1	
2,00	41,2	
1,00		
0,50	19,1	
0,25		
0,125	8,8	
0,063	6,6	



PARAMETROS

RESULTADOS		MINIMO	MÁXIMO
PERCENTAGEM DE BETUME	4,3 %		
BARIDADE DA MISTURA COMPACTADA	Kg/m3		
BARIDADE MAXIMA TEORICA	Kg/m3		
POROSIDADE	%		
V.M.A.	%		
V.F.B.	%		
GRAU DE COMPACTAÇÃO	%		
ESTABILIDADE			
DEFORMAÇÃO			
QUOCIENTE MARSHALL			
I.R.C.			
ÍNDICE DE SENSIBILIDADE À AGUA			
CANTABRO SECO			
CANTABRO HUMIDO			
RELAÇÃO FÍLER / BETUME			

VERIFICOU



**PERCENTAGEM DE BETUME - CENTRIFUGAÇÃO
ASTM D 2172**

RECUPERAÇÃO DE FINOS

SIM	NÃO
✓	

Nº DO ENSAIO	1		
MASSA DA CUBA + FILTRO	2343,1		
MASSA DA CUBA + FILTRO + AMOSTRA (0,1g)	4908,5		
MASSA DA CUBA + FILTRO + INERTES (0,1g)	4798,2		
MASSA DOS FINOS RECUPERADOS			
MASSA INICIAL DA AMOSTRA (0,1g)	2565,4		
MASSA DO BETUME (0,1g)	110,3		
MASSA DOS INERTES (0,1g)	2455,1		
PERCENTAGEM DE BETUME (0,1%)	4,3		
MÉDIA	4,3		

EXECUTOU

RL

DATA: 06-04-2011

VERIFICOU

[Signature]

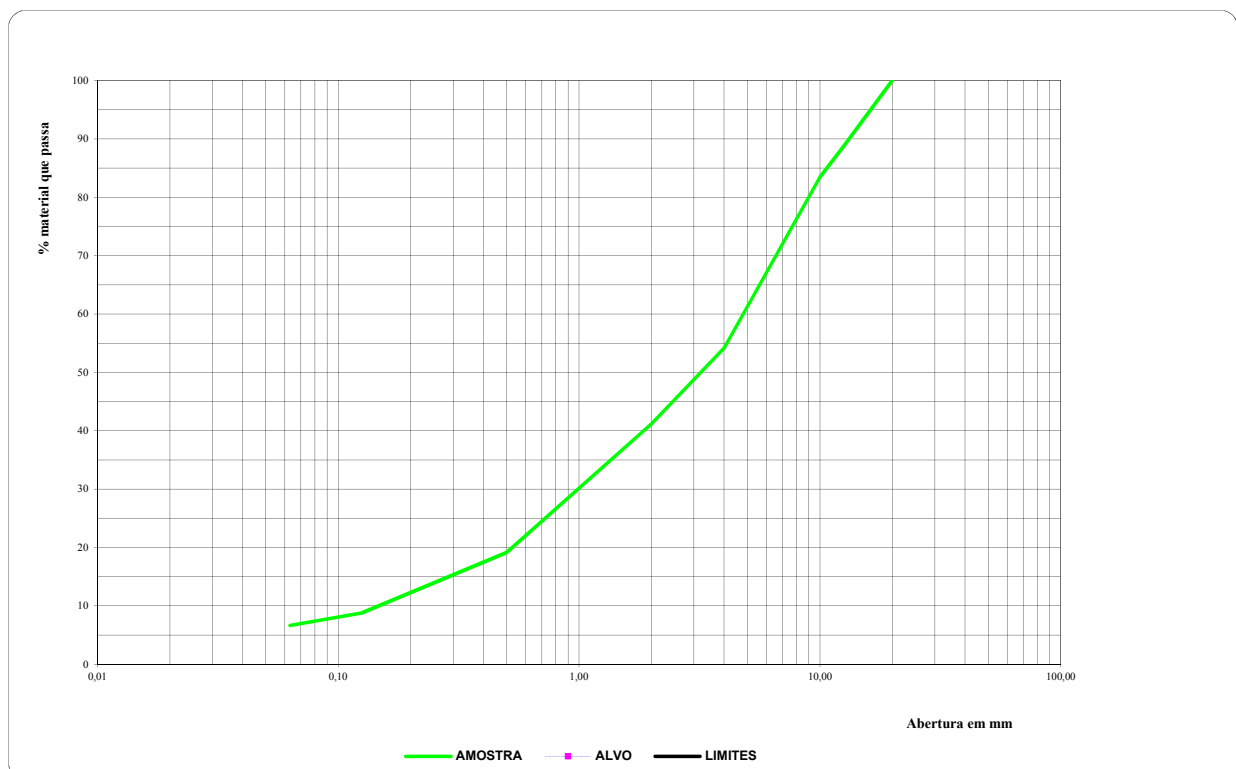
DATA: 11-04-2011

ANALISE GRANULOMÉTRICA DE AGREGADOS
NP EN 933-1

MASSA INICIAL		2455,1	
MASSA SECA APÓS LAVAGEM		2292,9	
PENEIROS		MATERIAL RETIDO	
#	mm	MASSA	%
31,50			
20,00			
16,00			
14,00			
12,50		278,1	11,3
10,00		128,6	5,2
8,000			
6,300			
5,600			
4,000		719,5	29,3
2,000		317,6	12,9
1,000			
0,500		541,7	22,1
0,250			
0,125		254,1	10,3
0,063		53,3	2,2
MASSA < 0,074 mm		162,2	6,6
Σ		2455,1	100

PASSADO
%
100,0
88,7
83,4
54,1
41,2
19,1
8,8
6,6

VALOR ALVO	PENEIRO S mm	LIMITES	
		INFERIOR	SUPERIOR
	31,50		
	20,00		
	16,00		
	14,00		
	12,50		
	10,00		
	8,00		
	6,30		
	5,60		
	4,00		
	2,00		
	1,00		
	0,50		
	0,25		
	0,13		
	0,06		



EXECUTOU

re

VERIFICOU




Assis

DATA:

06-04-2011

DATA:

11-04-2011

	AMOSTRA	2749	
	AMOSTRA C.P.		
	DATA	08-04-2011	
Produto	Betume recuperado	ENSAIOU	
Penetração de betumes - EN 1426 de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427	Ponto	VERIFICOU	

Penetração de betumes - EN 1426

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Temperatura de ensaio	°C	25
-----------------------	----	----

Penetração da agulha 1	0,1 mm	18
Penetração da agulha 2	0,1 mm	18
Penetração da agulha 3	0,1 mm	16

Penetração media do provete	0,1 mm	17
-----------------------------	--------	----

Ponto de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Liquido no banho

 Agua destilada

 Glicerol

Temp. de amolecimento do anel 1	0,1 °C	68,0
Temp. de amolecimento do anel 2	0,1 °C	68,0

Temperatura media de amolecimento	0,2 °C	68,0
-----------------------------------	--------	------

Anexo 3

Resultados dos ensaios da Mistura Betuminosa.





ADENDA AO ESTUDO DE EXECUÇÃO DE BETÃO BETUMINOSO
AC 20 Base/Reg 35/50 (MB)

Constituintes :

- Areão 0/6** - Riólito-Dacito - Pedreira Mota-Engil Ourique
- Brita 6/14** - Riólito-Dacito - Pedreira Mota-Engil Ourique
- Brita 12/20** - Riólito-Dacito - Pedreira Mota-Engil Ourique
- RA** - Material Fresado - Fresagem Lanço H2 - Baixo Alentejo

- Betume 35/50** -

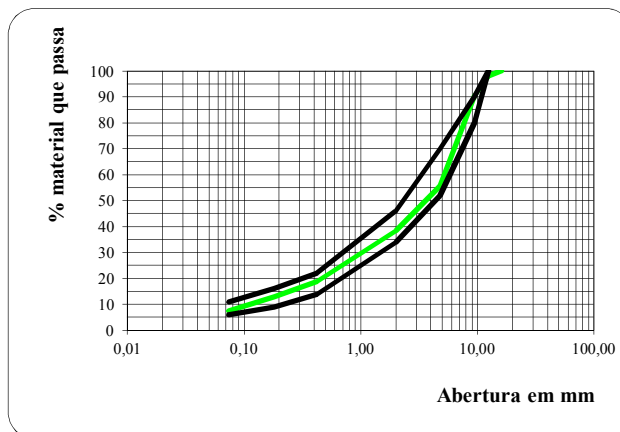
DATA: sexta-feira, 15 de Abril de 2011

Nº DE ESTUDO :	4A
MISTURA :	AC 20 Base/Reg 35/50 (MB)
DATA:	15-Abr-2011
ENSAIOU:	
VERIFICOU:	

RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS ÓPTIMAS DA MISTURA

Tipo de Mistura : **AC 20 Base/Reg 35/50 (MB)**

Análise granulométrica	mm	%	Fusos	
	40			
	31,5			
	20	100,0	100,0	100,0
	16			
	14			
	12,5	82,1	57,0	86,0
	10			
	6,3			
	4	44,0	34,0	49,0
	2	32,1	26,0	41,0
	1			
	0,5	14,8	12,0	26,0
	0,125	6,6	4,0	14,0
0,063	4,8	2,0	7,0	



Porcentagem de betume : **4,2 %**

Baridade máxima teórica : **2,498 g/cm³**

Provetes marshall :

Baridade : **2,374 g/cm³**

Índice de Resistência Conservada **83 %**

Porosidade : **5,0 %**

Modulo de Rigidez **6111 N/mm**

Teor volumétrico de betume : **9,7 %**

Relação Filer / Betume **1,14**

Capacidade de carga : **17435 N**

Deformação : **2,9 mm**

Volume vazios do agregado mineral : **14,6 %**

Grau de saturação em betume: **66,1 %**

Ensaio cantabro seco :

Desgaste : **%**

Ensaio cantabro húmido :

Desgaste : **%**

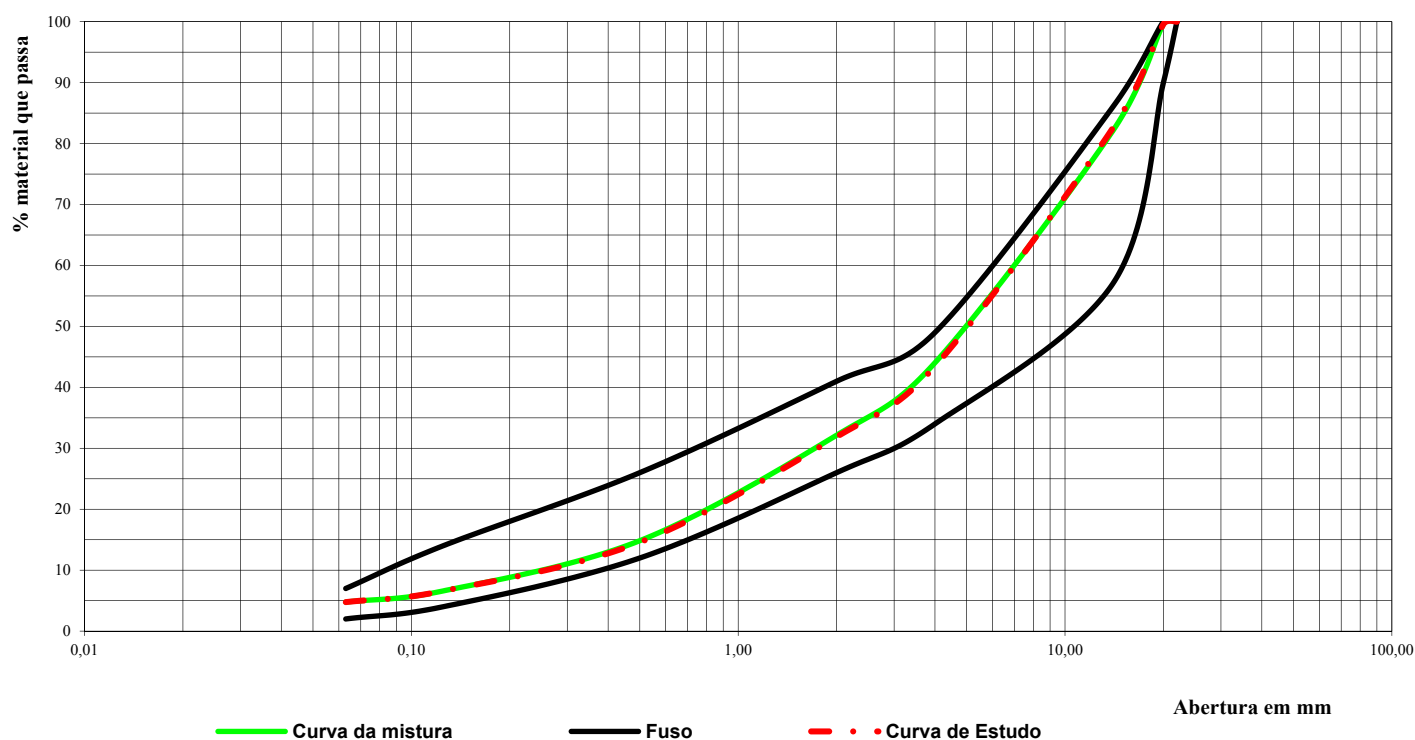
CALCULO DA CURVA GRANULOMÉTRICA DA MISTURA

ENSAIOU:

VERIFICOU:

Tipo de inerte	Origem do inerte	Designação	% ponderal na mistura
Riólito - Dacito	Pedreira Mota-Engil em Ourique	Areão 0/6	41%
Riólito - Dacito	Pedreira Mota-Engil em Ourique	Brita 6/14	34%
Riólito - Dacito	Pedreira Mota-Engil em Ourique	Brita 14/20	10%
Material Fresado	Fresagem Lanço H2 - Baixo Alentejo	RA	15%

Amostra	Nº 147		Nº 148		Nº 153		RA		Curva de Mistura	Fuso Adoptado	
	Areão 0/6		Brita 6/14		Brita 14/20		RA				
Peneiros mm	Gran. %		Gran. %		Gran. %		Gran. %				
22,0	100,0	41,0	100,0	34,0	100,0	10,0	100,0	15,0	100,0	100	100
20,0	100,0	41,0	100,0	34,0	95,9	9,6	100,0	15,0	99,6	90	100
12,5	100,0	41,0	81,2	27,6	0,5	0,1	89,5	13,4	82,1	57	86
4,0	86,6	35,5	0,4	0,1	0,1	0,0	55,9	8,4	44,0	34	49
2,0	63,5	26,0	0,3	0,1	0,1	0,0	40,0	6,0	32,1	26	41
0,5	28,9	11,8	0,3	0,1	0,1	0,0	19,2	2,9	14,8	12	26
0,125	13,0	5,3	0,2	0,1	0,1	0,0	7,9	1,2	6,6	4	14
0,063	9,1	3,7	0,5	0,2	0,1	0,0	5,7	0,9	4,8	2	7



Percentagem óptima de betume


ENSAIO			1	
Percentagem de betume	P_{bet}	%		4,2
Temperatura do ensaio	T_e	°C	25	
Peso do picnómetro contendo a amostra	P_1	g	5362,7	
Peso do picnómetro vazio	P_2	g	3057,4	
Peso da amostra	$P_3 = P_1 - P_2$	g	2305,3	
Peso do picnómetro contendo água	P_4	g	7444,3	
Peso do picnómetro cheio de água + Peso da amostra	$P_5 = P_3 + P_4$	g	9749,6	
Peso do picn. contendo água e a amostra	P_6	g	8826,8	
Peso da água deslocada	$P_7 = P_5 - P_6$	g	922,8	
Correcção do volume de betume para 6000g de amostra	$Y(Tabela 2)$	g		
Correcção do volume de betume para o peso da amostra	$\frac{P_3 \times Y}{6000}$	g		
Peso corrigido da água deslocada	$P_8 = P_7 - Y$	g	922,8	
Constante da água	$K(Tabela 3)$	g/cm ³	1,00000	
PESO ESPECÍFICO	$G = \frac{P_3}{P_8} \times K$	g/cm ³	2,498	
PESO ESPECÍFICO MÉDIO		g/cm ⁴		2,498

Nº DE ESTUDO: **4A**

MISTURA: **AC 20 Base/Reg 35/50 (MB)**

DATA: **13-Abr-11**

05.23 - INDICE RESISTÊNCIA CONSERVADA

ENSAIOU: 

VERIFICOU: 

Temperatura de Fabrico: **160 °C** Temperatura de Compactação **150 °C**

Betume	Baridade					Baridade Máxima Teórica	Propriedades Volumétricas				Estabilidade				
	P_{ar}	$P_{água (1)}$	$P_{sss (2)}$	Baridade	Média		Porosidade	T.V.B.	V.M.A.	G.S.B.	Carga		Média	Deformação	Média
P_b	A	B	C	$\frac{A}{C-B} \cdot K$	γ	γ_t	$n_p = \frac{\gamma_t - \gamma}{\gamma_t} \cdot 100$	$c_b = \frac{\gamma \cdot P_b}{G_b}$	$n_i = n_p + c_b$	$S_b = \frac{c_b}{n_i}$	Kgf	N	N	0,1 mm	0,1 mm
%	g	g	g	0,01g/cm ³	0,01g/cm ³	0,01g/cm ³	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%					
4,2	1202,1	697,2	1203,9	2,372	2,374	2,498	5,0	9,7	14,6	66,1	1801	17654	17435	2,94	2,85
	1199,8	696,8	1201,6	2,377							1803	17665		2,81	
	1196,3	694,0	1198,1	2,373							1733	16987		2,81	
4,2 *	1198,4	694,8	1200,2	2,371	2,374	2,498	5,0	9,7	14,6	66,1	1490	14605	14427		
	1199,3	694,9	1201,1	2,369							1459	14298			
	1201,2	698,9	1203,0	2,383							1467	14378			

* Provetes imersos em água a 60° C durante 24 horas.

1 se for uma mistura drenante esta é a coluna dos diâmetros dos provetes.

2 se for uma mistura drenante esta é a coluna das alturas dos provetes.

Índice de Resistência Conservada,
$$IRC = \frac{F_{imerso}}{F_{seco}} = 83$$

Peso Específico do betume, $G_b = 1,03 \text{ g/cm}^3$




Temperatura do Ensaio, T (°C) = 25

Factor de Correção da Temperatura da Água (25°C), K= 1

T.V.B. = Teor Volumétrico de Betume

V.M.A. = Volume de Vazios do Agregado Mineral

G.S.B. = Grau de Saturação em Betume

	AMOSTRA	2750
	AMOSTRA C.P.	
	DATA	13-04-2011
Produto	Betume recuperado	ENSAIOU 
Penetração de betumes - EN 1426 de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427	Ponto	VERIFICOU 

Penetração de betumes - EN 1426

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Temperatura de ensaio	°C	25
-----------------------	----	----

Penetração da agulha 1	0,1 mm	37
Penetração da agulha 2	0,1 mm	37
Penetração da agulha 3	0,1 mm	38

Penetração media do provete	0,1 mm	37
-----------------------------	--------	----

Ponto de amolecimento pelo metodo de anel e bola - EN 1427

Tipo de equipamento

 Automatico

 Manual

Liquido no banho

 Agua destilada

 Glicerol

Temp. de amolecimento do anel 1	0,1 °C	56,0
Temp. de amolecimento do anel 2	0,1 °C	56,0

Temperatura media de amolecimento	0,2 °C	56,0
-----------------------------------	--------	------