



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

Técnicas de Conservação e de Reabilitação para Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários

Luís Carlos de Almeida

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil: Geotecnia e Ambiente
(Ciclo de estudos Integrado)

Orientador: Prof. Doutora Bertha Maria Batista dos Santos

Covilhã, outubro de 2013

Dedicatória

Aos meus falecidos avós maternos.

Agradecimentos

Este trabalho só foi possível com o apoio e colaboração de diversas pessoas às quais gostaria de expressar os meus mais profundos agradecimentos e reconhecimento pela ajuda prestada no decurso da sua elaboração, em particular:

Aos meus pais, Eusébio e Clarinda, pelo amor, carinho, compreensão e incentivo permanentemente demonstrados.

Aos meus avós paternos, pelo apoio sempre presente e aos meus avós maternos pelo apoio sempre presente no meu coração.

À minha família, tios e primos por todo o carinho, ajuda e compreensão.

À Prof^a Doutora Bertha Santos, orientadora, que presto os meus mais profundos agradecimentos pela orientação, apoio e incentivo concedidos e pela formação e ensinamentos prestados ao longo da elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos e colegas pelo apoio e amizade demonstrados ao longo da execução deste trabalho, principalmente aos meus amigos Tiago Machado e Susana Pinto, por toda dedicação, amizade e apoio mantiveram comigo.

E a todos aqueles que contribuíram para esta etapa da minha vida.

O meu muito obrigado a todos!

Resumo

A rede rodoviária nacional portuguesa encontra-se praticamente construída na sua totalidade, sendo constituída essencialmente por pavimentos do tipo flexível. A reabilitação e conservação desses pavimentos é por isso cada vez mais uma preocupação atual, devendo a seleção do processo de reabilitação e conservação ser realizada segundo aspetos de ordem técnica, económica e ambiental.

Ao longo do seu ciclo de vida, um pavimento rodoviário é solicitado pelas ações do clima e do tráfego, as quais contribuem para uma diminuição progressiva da qualidade das características mecânicas e funcionais dos materiais que o constituem. Normalmente, essas solicitações contribuem para o aparecimento de patologias, as quais afetam a segurança e a comodidade em termos de circulação rodoviária. Assim, é fundamental garantir o controlo das degradações dos pavimentos, avaliando ao longo do tempo a sua evolução.

O trabalho aqui apresentado tem como objetivo contribuir para a definição de procedimentos que permitam orientar os trabalhos de conservação corrente para pequenas reparações de pavimentos rodoviários, focando-se nos casos das reparações de fendas e covas em pavimentos flexíveis.

Para esse efeito foram elaboradas fichas de reparação com a descrição dos procedimentos a seguir em obra no tratamento das degradações do tipo fendas e covas. Estas fichas têm por finalidade apoiar a realização das reparações de forma a garantir: uma maior qualidade da reparação que permita aumentar o período de vida do pavimento e retardar uma intervenção mais profunda e a segurança de operários e utentes da estrada. O documento pretende ainda contribuir para combater a falta de documentação orientadora neste tema a nível nacional.

Palavras-chave

Pavimentos rodoviários, Conservação, Fendas, Covas, Fichas de reparação.

Abstract

The Portuguese national road network is largely constructed and is composed essentially of flexible pavements. The rehabilitation and maintenance of these pavements is more and more a current concern, being the selection process of rehabilitation and maintenance to be made according to technical, economic and environmental aspects.

Along its life cycle, a pavement road is requested by environmental and traffic actions, what contribute to a progressive decrease in quality of the mechanical and functional characteristics of the materials that constitute the pavement. Normally, these actions contribute to the appearance of pathologies on the pavements, which affect the safety and commodity of the road traffic. So, it is essential to ensure the control of degradation of pavements over time by evaluating their evolution.

The work presented aims to contribute to the definition of procedures to guide current maintenance works for the repair of small problems, focusing on the cases of cracks and holes repairs in flexible pavements.

To that effect good practice repair sheets were prepared with the description of the main steps to follow in the treatment of cracks and holes pavement degradations. These repair sheets are intended to support the repairs works to ensure: a higher quality of the repair in order to allow an increase of the pavement life and the delay of a more deep maintenance, as well as the safety of workers and road users. The document also intends to help address the lack of national guide documentation in this topic.

Keywords

Road pavements, Maintenance, Cracks, Potholes, Good Practice Repair Sheets

Índice

Dedicatória	iii
Agradecimentos	v
Resumo	ix
Abstract	xii
Índice	xv
Índice de Figuras	xviii
Índice de Quadros	xxi
Lista de Acrónimos	xxv
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos da Dissertação	3
1.3 Estrutura do Conteúdo	5
2. Pavimentos Rodoviários: Constituição, Comportamento e Patologias	8
2.1 Enquadramento	8
2.2 Pavimentos Flexíveis	11
2.3 Pavimentos Rígido	15
2.4 Pavimentos Semirrígidos	17
2.5 Patologias dos Pavimentos Rodoviários	21
2.5.1 Degradações dos Pavimentos Flexíveis	22
2.5.2 Degradações dos Pavimentos Rígidos	29
2.5.3 Degradações dos Pavimentos Semirrígidos	32
3. Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários	35
3.1 Importância da Conservação e Reabilitação de Pavimentos	35
3.2 Conservação Rodoviária	36
3.2.1 Conservação de Rotina/Corrente	37
3.2.2 Conservação Periódica	38
3.2.3 Conservação de Emergência	40
3.2.4 Reconstrução	40
3.2.5 Melhoramento	41
3.3 Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários: Selagem/Preenchimento de Fendas e Tapagem de Covas	41
3.3.1 Selagem/Preenchimento de Fendas	41
3.3.1.1 Avaliação do Estado do Pavimento	41
3.3.1.2 Determinação do Tipo de Manutenção	43
3.3.1.3 Selagem ou Preenchimento de Fendas	46
3.3.1.4 Planeamento da Reparação	52

3.3.2 Tapagem de Covas	60
3.3.2.1 Necessidade do Tratamento	60
3.3.2.2 Necessidade de Tapagem de Covas	61
3.3.2.3 Planeamento da Reparação	61
3.3.2.4 Reparação	67
4. Fichas para Pequenas Reparações	69
4.1. Fendas: Critérios para a Escolha do Tratamento mais Adequado	69
4.2. Fichas para Reparação de Fendas	73
4.3. Covas: Critérios para a Escolha do Tratamento mais Adequado	83
4.4. Fichas para Reparação de Covas	83
5. Conclusões e Trabalho Futuro	101
5.1 Considerações Finais	101
5.2 Trabalho Futuro	103
Referencias Bibliográficas	104

Lista de Figuras

Figura 2.1: Composição típica dos pavimentos rodoviários (EAPA, 2007)	8
Figura 2.2: Pavimento rodoviário, constituição e ações (Branco et al, 2006)	9
Figura 2.3: Constituição de um pavimento flexível (LNEC, 2005)	12
Figura 2.4: Constituição e comportamento de um pavimento flexíveis (Branco et al, 2006)	14
Figura 2.5: Constituição de um pavimento rígidos (LNEC, 2005)	16
Figura 2.6: Constituição e comportamento de um pavimento rígido (Branco et al, 2006)	17
Figura 2.7: Constituição de um pavimento semirrígido (LNEC, 2005)	18
Figura 2.8 - Constituição e funcionamento de um pavimento semirrígido (Branco et al, 2006)	20
Figura 2.9: Evolução das solicitações S num pavimento (Pereira et al., 1999)	22
Figura 3.1: Pavimento com fendilhamento de alta densidade, elegível para tratamento superficial (FHWA, 1999)	45
Figura 3.2: Pavimento elegível para reparação de fendas (FHWA, 1999)	45
Figura 3.3: Pavimento elegível para selagem de fendas transversais (FHWA, 1999)	45
Figura 3.4: Pavimento elegível para preenchimento de fendas longitudinais (FHWA, 1999)	45
Figura 3.5: Tratamento adequado para pavimentos com baixa densidade de fendas (MDOT, 1999)	49
Figura 3.6: Tratamento adequado para pavimentos com moderada densidade de fendas (MDOT, 1999)	50
Figura 3.7: Tratamento adequado para pavimentos com alta densidade de fendas (MDOT, 1999)	51
Figura 4.1: Tratamento adequado para pavimentos com baixa	70

densidade de fendas (MDOT, 1999)

Figura 4.2: Tratamento adequado para pavimentos com moderada
densidade de fendas (MDOT, 1999) 71

Figura 4.3: Tratamento adequado para pavimentos com alta
densidade de fendas (MDOT, 1999) 72

Lista de Quadros

Quadro 2.1: Valores típicos de módulos e coeficientes de materiais geralmente utilizados em pavimentos rodoviários (Domingos, 2007; Antunes, 1993)	10
<i>Quadro 2.2: Tipos de pavimentos em função dos materiais e deformabilidade</i>	11
Quadro 2.3: Camadas constituintes de um pavimento flexível e respectivas características (Pereira, 2003; Branco et al, 2006; EP, S.A., 1995)	12
Quadro 2.4: Camadas constituintes de um pavimento rígido e respectivas características (Pereira, 2003; Branco et al, 2006; EP, S.A., 1995)	16
Quadro 2.5: Camadas constituintes de um pavimento semirrígido e respectivas características (Pereira, 2003; Branco et al, 2006; EP, S.A., 1995)	19
Quadro 2.6: Famílias e tipos de degradações para pavimentos flexíveis (Pereira et al, 1999)	23
Quadro 2.7: Tipos de fendilhamento em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006; EP, S.A., 2008)	24
Quadro 2.8: Tipos de deformações em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006; EP, S.A., 2008)	26
Quadro 2.9: Tipos de desagregação em camadas de desgaste de pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006;EP, S.A., 2008)	28
Quadro 2.10: Tipos de movimentos de materiais em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006;EP, S.A., 2008)	29
Quadro 2.11: Famílias e tipos de degradações para pavimentos rígidos (Pereira et al, 1999)	30
Quadro 2.12: Tipos fendilhamento em lajes de pavimentos rígidos	31

(Branco et al, 2006;EP, S.A., 2008)	
Quadro 2.13: Tipos de defeitos da superfície de pavimentos rígidos (Branco et al, 2006;EP, S.A., 2008)	32
Quadro 2.14: Famílias e tipos de degradações em pavimentos semirrígidos [Pereira, et al, 1999 (Pereira et al, 1999)]	33
Quadro 3.1: <i>Trabalhos de conservação de rotina/corrente</i> (Ministério dos Transportes, et al, 2005;EP, S.A., 2012)	38
Quadro 3.2: <i>Trabalhos de conservação periódica</i> [Ministério dos Transportes et al., 2005; EP, S.A., 2012]	39
Quadro 3.3: Ficha de inspeção - Pavimento e Fendas [FHWA, 1999]	42
Quadro 3.4: Diretrizes para a escolha do tipo de manutenção a aplicar [FHWA, 1999]	44
Quadro 3.5: Determinação da Densidade de Fendas	44
Quadro 3.6: Critérios para a escolha do tratamento a aplicar nas fendas: selagem ou preenchimento [FHWA, 1999; TxDOT, 2006]	48
Quadro 3.7: Propriedades e aplicações recomendadas para vários tipos de materiais de selagem e preenchimento de fendas [adaptado de FHWA, 1999].	55
Quadro 3.8: Configurações padrão para o preenchimento e selagem de fendas (adaptado de FHWA, 1999; MDOT, 1999)	56
Quadro 3.9: Técnicas Throw-and-roll para tapagem de covas	63
Quadro 3.10: Técnicas Semi-Permanent para tapagem de cxxiiovas	64
Quadro 3.11: Técnicas Spray-Injection para tapagem de covas	65
Quadro 3.12: Técnicas Edge Seal para tapagem de covas	66
Quadro 4.1: Quadro de apoio a decisao	69

Lista de Acrónimos

[1linha de intervalo]

AGE	Agregado de Granulometria Extensa
ABGE	Agregado Britado de Granulometria Extensa
CEE	Comunidade Económica Europeia
DOT	Department of Transportation
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EAPA	European Asphalt Pavement Association
EP	Estradas de Portugal
FHWA	Federal Highway Administration
JAE	Junta Autónoma de Estradas
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MDOT	Michigan Department of Transportation
MPa	MegaPascais
Pk	Ponto Quilométrico
SRD	Seleccções do Reader´s Digest
TMD	Tráfico Médio Diário
TxDOT	Texas Department of Transportation

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

Pensa-se que a mais antiga estrada do mundo foi construída no Egito, ao passo que a mais antiga da Europa foi construída na ilha de Creta por volta ano 2000 a.C.. No entanto, foram os romanos os que desenvolveram consideravelmente a tecnologia e os métodos construtivos aplicados na construção de estradas, constituindo a base das abordagens usadas atualmente.

Segundo alguns autores, foi a Estrada Real da Pérsia a primeira estrada de grande extensão a ser construída (2698 km). Está datada do século V a.C. e foi construída pelo Rei *Darius I*, ligando a cidade imperial de *Susa* a *Sardis* (SRD, 1999).

No auge do poder de Roma, foram construídos cerca de 85.000 km de estradas que ligavam a capital às fronteiras mais distantes do império, tendo como objetivo principal a movimentação do exército romano. Contudo, rapidamente também foram utilizadas com intuito comercial e de lazer. A mais importante das 29 grandes estradas militares era a via *Ápia*, construída em 312 a.C., que se estendia por 560 km e ligava Roma a Brindisi no sudeste de Itália (SRD,1999).

Durante a Idade Média não existiu a preocupação de substituir ou manter as estradas romanas, o que levou a sua progressiva deterioração.

Na metade do século XVIII surge a construção de uma nova rede rodoviária na Europa, onde se incrementou a rigidez das superfícies, melhorando assim as condições de circulação oferecidas aos veículos mais pesados.

Sendo que Portugal, não foi exceção, também na mesma época, existiu uma preocupação com a conservação das estradas, onde se manifestava o interesse pelo tipo de rodados e o número máximo de animais de tração em veículos de duas rodas, para que os veículos da época não transportassem carga excessiva (Neto, 1790).

A Segunda Guerra Mundial veio trazer um novo contributo ao desenvolvimento das estradas, devido à necessidade de aumentar a sua capacidade de carga, exigindo novas tecnologias apoiadas na utilização de ligantes betuminosos, para melhorar a capacidade de resposta às as solicitações mais severas a que estavam sujeitas, sem sofrer degradação excessiva.

No século XX surge a generalização do emprego do cimento como aglutinante, dando origem a um conjunto de novas soluções de pavimentação. Na segunda metade do século XX os Estados Unidos impulsionaram a construção de estradas, desenvolvendo métodos de dimensionamento e de construção.

Em Portugal, esta evolução verificou-se de uma forma mais notória com a definição do Plano Rodoviário Nacional 85 (DL 380/85) e com a adesão à Comunidade Económica Europeia (CEE), em 1985, e posteriormente com o Plano Rodoviário Nacional 2000 (DL 222/98). Com a implementação destes planos, verificou-se um grande aumento de extensão da rede rodoviária nacional construída (Freitas et al, 2001).

Na atualidade, não são apenas as novas tecnologias de construção que preocupam e necessitam de ser desenvolvidas, em muitos países a rede já se encontra construída e consolidada, pelo que a preocupação das entidades gestoras rodoviárias se centra no desenvolvimento e aplicação de abordagens sustentadas para a manutenção destas infraestruturas.

No que respeita à componente dos pavimentos rodoviários, estes são constituídos por estruturas que apresentam uma evolução do seu estado funcional e estrutural ao longo da sua vida útil, devido à influência de diversos fatores, que provocam a sua degradação. Devido à modificação das características iniciais e à perda de qualidade estrutural e funcional, verifica-se a necessidade da realização de ações de conservação programadas que permitam atuar no momento mais favorável em termos económicos, com o objetivo de repor a qualidade e prolongar a vida útil dos pavimentos.

1.2 Objetivos da Dissertação

Os pavimentos rodoviários que constituem as redes rodoviárias são construídos com o objetivo de proporcionar aos utentes uma circulação rodoviária com segurança e conforto. Porém, devido às ações a que estão expostos (tráfego e clima), o comportamento global do pavimento é afetado pelo aparecimento de degradações.

As degradações presentes nos pavimentos têm essencialmente a forma de severas deformações permanente, perda de textura, aparecimento de fissuras, perda de regularidade e perda de materiais da superfície de desgaste. Estas patologias fazem com que as estradas não ofereçam condições adequadas de circulação, conforto, segurança e economia aos utentes, ocorrendo a necessidade de recorrer à sua reabilitação ou conservação.

Os pavimentos rodoviários são assim projetados para um determinado período de vida no qual deverão ser alvo de medidas de conservação, podendo no final da sua vida serem alvo de reabilitação de acordo com as condições e critérios definidos em função das condições de solicitação previstas. Para o sucesso destas operações é essencial que sejam utilizadas técnicas e materiais que garantam soluções eficazes e economicamente viáveis.

Atualmente, a conjugação de fatores sócio-económicos e ambientais exigem a adoção de técnicas de reabilitação/conservação que proporcionem uma relação custo-benefício das intervenções mais favorável, e uma diminuição dos custos ambientais e dos custos para os utentes, sem prejuízo do seu desempenho face às características que se pretendem reabilitar e conservar.

Para o sucesso destas atividades (reabilitação/conservação) contribui de forma decisiva a qualidade de execução das reparações programadas, pelo que o domínio das técnicas envolvidas é fundamental para a garantia da correção do defeito/degradação ou atraso na sua evolução.

Neste contexto, a presente dissertação tem como principal objetivo a criação de fichas com os principais procedimentos a seguir na execução de pequenas reparações de pavimentos rodoviários, de forma a garantir um bom desempenho futuro das zonas reparadas. O trabalho foca-se no estudo e na preparação de fichas para pequenas reparações para as degradações do tipo fendas e covas em pavimentos flexíveis, enquadráveis no âmbito das ações de conservação de rotina/corrente.

1.3 Estrutura do Conteúdo

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos que descrevem os aspetos fundamentais para a compreensão e desenvolvimento dos objetivos apresentados.

No presente capítulo é abordada, de uma forma resumida, a evolução histórica da construção de estradas, sendo também efetuada uma contextualização do tema da dissertação, assim como definidos os objetivos do trabalho proposto.

O capítulo 2 apresenta uma descrição das características e dos aspetos principais relacionados com os três tipos de pavimentos normalmente empregues na pavimentação rodoviária (flexíveis, rígidos e semirrígidos). São abordados, para cada tipo de pavimento, aspetos relacionados com a sua constituição, com o seu comportamento perante as solicitações a que estão sujeitos e patologias mais comuns.

No capítulo 3 são expostos os principais conceitos relativos à conservação e reabilitação de pavimentos, apresentando-se as diferentes estratégias de conservação rodoviária. É dado particular enfoque às pequenas reparações do tipo selagem/preenchimento de fendas e tapagem de covas, apresentando-se aspetos relacionados com a seleção, aplicação e avaliação de materiais e procedimentos de reparação.

No capítulo 4 são apresentadas as fichas de reparação propostas com a descrição dos procedimentos a adotar na realização de operações de reparação para fendas, em função da área abrangida, abertura e densidade das mesmas; e para covas, segundo a técnica de reparação adotada e profundidade da degradação.

No capítulo 5 é efetuada uma síntese das principais conclusões decorrentes da realização deste trabalho e apontados alguns aspetos a desenvolver no futuro dentro da temática abordada.

Capítulo 2

Pavimentos Rodoviários: Constituição, Comportamento e Patologias

2.1 Enquadramento

A função essencial de um pavimento rodoviário é assegurar uma superfície de rolamento que permita a circulação dos veículos com comodidade e segurança, durante um determinado período (a vida do pavimento), sob a ação das ações do tráfego e nas condições climáticas que ocorram.

Para garantir esta função os pavimentos devem apresentar um determinado nível de qualidade associado ao seu estado de degradação. O estado do pavimento pode ser descrito por indicadores que agrupam dois conjuntos de características que consubstanciam dois tipos de requisitos dos pavimentos: a qualidade funcional e a qualidade estrutural.

A primeira está relacionada com as exigências dos utentes, nomeadamente quanto ao conforto e segurança de circulação, estando associada à constituição da camada superior dos pavimentos, a camada desgaste.

A segunda tem a ver com a capacidade do pavimento para suportar as cargas dos veículos sem sofrer alterações para além de determinados valores limites, os quais colocariam em causa a qualidade funcional. Esta relacionada com o comportamento estrutural de todo o pavimento.

No que diz respeito à sua constituição, um pavimento é considerado uma estrutura constituída por um sistema formado por várias camadas de espessura finita, apoiadas numa fundação de terreno natural, que pode incluir na sua parte superior uma camada de solo melhorado (leito do pavimento), constituindo assim um sistema multiestratificado. Na figura 2.1 é apresentada a composição típica dos pavimentos rodoviários.

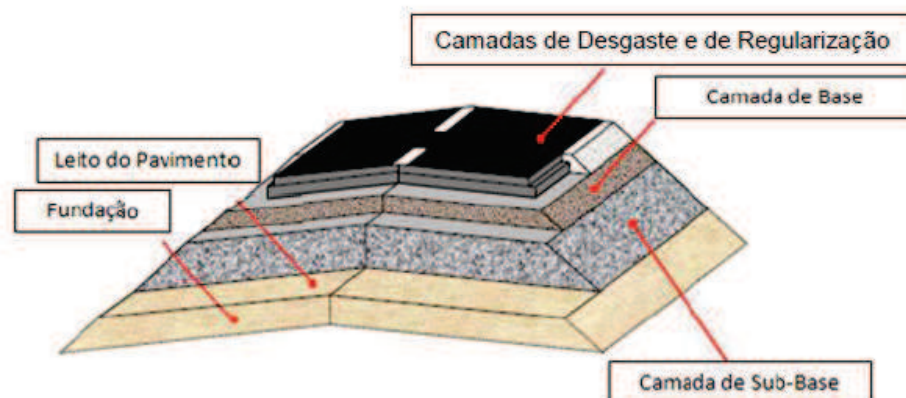


Figura 2.1: Composição típica dos pavimentos rodoviários (EAPA, 2007)

Na Figura 2.2 encontra-se representada a constituição esquemática de um pavimento rodoviário com a indicação das principais ações a que está sujeito.

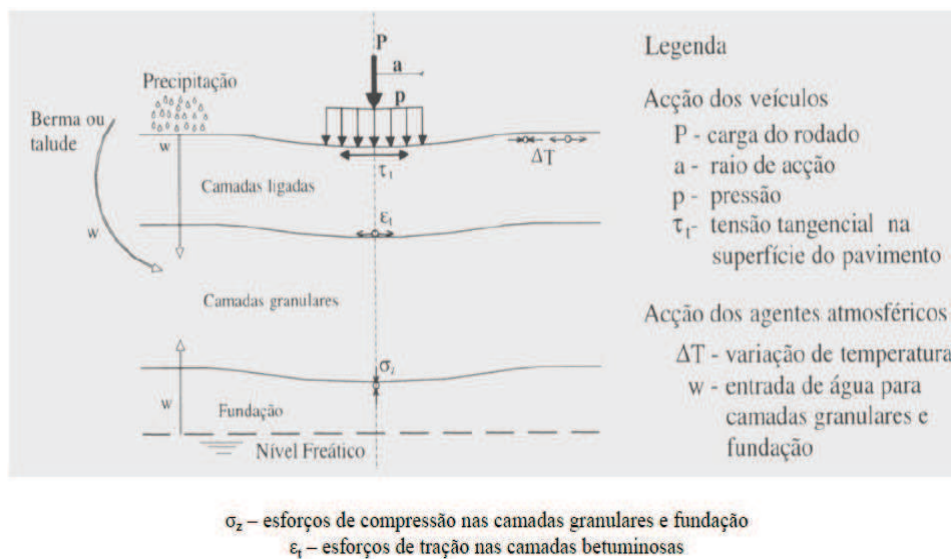


Figura 2.2: Pavimento rodoviário, constituição e ações (Branco et al, 2006)

As camadas colocadas na parte superior do pavimento, denominadas de camadas ligadas, são constituídas por materiais granulares (britas e areias) estabilizados com ligantes betuminosos ou hidráulicos, dependendo do tipo de pavimento. Subjacente a estas, encontram-se as camadas granulares, constituídas por materiais granulares naturais ou britados, geralmente não ligados, compactados por meios mecânicos. Hoje em dia é prática corrente a estabilização dos materiais granulares destas camadas com ligantes hidráulicos, principalmente com cimento portland, em solos com características mecânicas medíocres. Estas camadas estão apoiadas na fundação, geralmente constituída por terreno natural ou por material granular em aterro. Quando esta não apresenta as características exigidas, opta-se pela sobreposição de uma camada de solo selecionado, de melhor qualidade, podendo por vezes serem tratados com ligantes hidráulicos, de forma a aumentar a capacidade de suporte da fundação e de homogeneizar as suas características resistentes. As diferentes camadas encontram-se dispostas, usualmente, com qualidade e resistência decrescentes, de cima para baixo, em consonância com a redução progressiva dos esforços em profundidade.

De acordo com o “Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional da Junta Autónoma de Estradas” (EP, S.A., 1995), o dimensionamento de uma estrutura de pavimento tem em consideração quatro fatores fundamentais: o tráfego (número e tipo de veículos pesados e sua evolução no tempo), as condições climáticas (hídricas e térmicas), as condições de fundação (classes de terreno de fundação, classes de fundação, materiais para a camada de leito de pavimento e constituição da plataforma) e os materiais de

pavimentação (granulares, misturas betuminosas fabricadas a quente e misturas com ligantes hidráulicos).


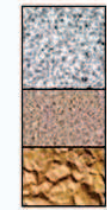

As características mecânicas mais importantes para o dimensionamento das estruturas de pavimento são o módulo de deformabilidade (E em MPA) e o coeficiente de Poisson (ν). No entanto, admite-se, geralmente, que o coeficiente de Poisson não tem muita influência no comportamento estrutural de uma pavimento, daí serem fixados valores típicos para cada material (Antunes, 1993). O Quadro 2.1 apresenta valores típicos de módulo e coeficientes de materiais geralmente utilizados em pavimentos rodoviários.

Quadro 2.1: Valores típicos de módulos e coeficientes de materiais geralmente utilizados em pavimentos rodoviários (Domingos, 2007; Antunes, 1993)

Material	Módulos de deformabilidade (E - MPa)	Coeficientes de poisson típicos (ν)
Misturas Betuminosas	3000 - 1500	0,35 - 0,40
Matérias granulares	50 - 1500	0,35
Solos	5 - 300	0,40
Betão de cimento	30000 - 70000	0,20
Matérias tratados com cimento	1000 - 40000	0,25

De acordo com a maneira como se podem associar camadas constituídas por diferentes tipos de materiais, assim resultam diferentes tipos de pavimentos, que apresentam diferentes comportamentos quando solicitados pelas cargas dos veículos em combinação com as condições climáticas a que estão submetidos. Assim, e em função do tipo de matérias e da sua deformabilidade, podem distinguir-se três tipos de pavimentos, como se apresenta no Quadro 2.2.

Quadro 2.2: Tipos de pavimentos em função dos materiais e deformabilidade

Tipo de Pavimento	Materiais (ligante)	Deformabilidade
<p style="text-align: center;">Flexíveis</p>  <p>Misturas Betuminosas AGE</p>	<p style="text-align: center;">Hidrocarbonados e granulares</p>	<p style="text-align: center;">Elevada</p>
<p style="text-align: center;">Rígido</p>  <p>Misturas Hidráulicas AGE</p>	<p style="text-align: center;">Hidráulicos e granulares</p>	<p style="text-align: center;">Muito reduzida</p>
<p style="text-align: center;">Semirrígido</p>  <p>Misturas Betuminosas Base Hidráulica AGE</p>	<p style="text-align: center;">Hidrocarbonados, hidráulicos e granulares</p>	<p style="text-align: center;">Reduzida</p>

2.2 Pavimentos Flexíveis

A constituição de um pavimento flexível pode ser muito diversa, em função da intensidade do tráfego, da resistência do solo de fundação e das características e comportamento dos materiais disponíveis, as quais, por sua vez, dependem das condições climáticas.

É possível descrever os pavimentos flexíveis como sendo constituídos por camadas betuminosas, que se situam na parte superior da estrutura e que, quando comparados com os restantes tipos de pavimentos, possuem elevada deformabilidade, enquanto as camadas

inferiores são constituídas por materiais granulares, que assentam na fundação. As camadas betuminosas são constituídas por 2 ou 3 camadas: a camada de desgaste e a camada de regularização, quando existe, que constituem o revestimento superficial do pavimento, enquanto a terceira camada betuminosa, constitui uma camada de base. As camadas granulares são constituídas por materiais não ligados, estabilizados por meios mecânicos, apresentando apenas resistência à compressão. Possuem em geral maior espessura que as camadas betuminosas, podendo formar as camadas de base e/ou de sub-base, sendo que esta última assenta diretamente na fundação.

A Figura 2.3 mostra um exemplo tipo de pavimento flexível, referenciando os tipos de matérias que constituem as suas respectivas camadas.

No Quadro 2.3 são apresentadas as principais características das camadas constituintes dos pavimentos flexíveis e os intervalos de espessuras geralmente adotados para as mesmas.

Quadro 2.3: Camadas constituintes de um pavimento flexível e respectivas

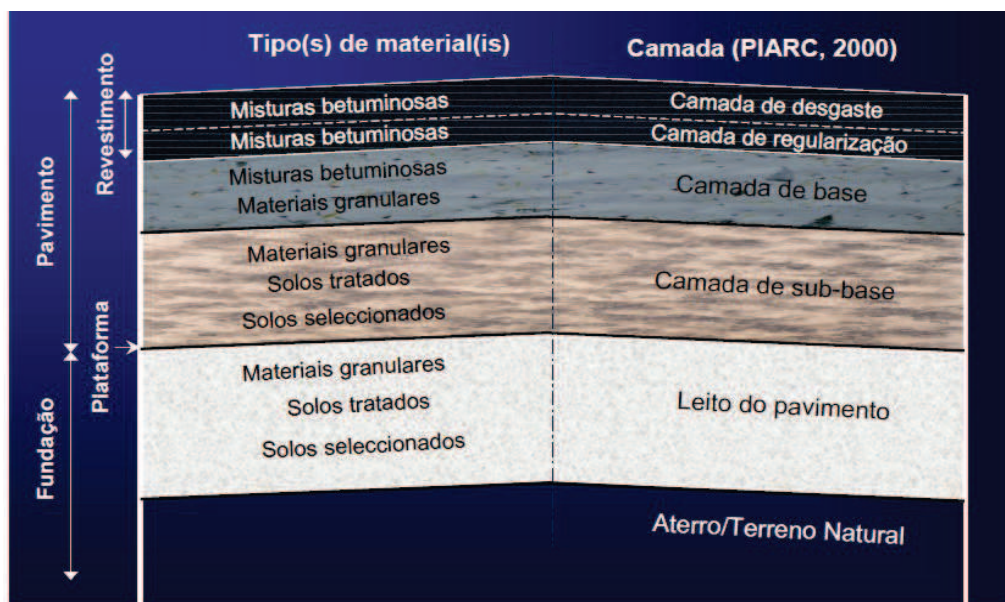


Figura 2.3 - Constituição de um pavimento flexível (LNEC, 2005) características (Pereira, 2003; Branco et al, 2006; EP, S.A., 1995)

Camadas	Características	Espessuras tipo
Camada de desgaste	Constituída por material betuminoso que incorpora agregados de alta resistência. Suporta, redistribui e transfere para as camadas inferiores as tensões induzidas pelos rodados dos veículos. Possui características de impermeabilização. Apresenta uma superfície regular e desempenada adequada à circulação de veículos em condições de conforto, economia e segurança: Deve apresentar uma rugosidade que permita uma boa aderência entre rodados e o pavimento	4-6 cm

Quadro 2.3: Camadas constituintes de um pavimento flexível e respectivas características (Pereira, 2003; Branco et al, 2006; EP, S.A., 1995)

(Continuação 1)

Camada de regularização	Constituída por mistura betuminosa, à semelhança da camada de desgaste, no entanto, com materiais mais pobres (quer no betume quer nos agregados). Constitui o suporte da camada de desgaste. Suporta, redistribui e transfere para as camadas inferiores as tensões transmitidas ao nível da camada de desgaste. A sua superfície deve ser regular e desempenada para garantir a boa execução da camada de desgaste.	5-12 cm
Camada de base	Camada constituída por agregado britado de granulometria extensa (ABGE), produzido artificialmente em pedra e vulgarmente conhecido por <i>tout-venant</i> . Também são usadas camadas de base constituídas por misturas betuminosas para tráfego intenso, fundação de reduzida capacidade de suporte e em regiões com reduzidos recursos no que respeita a materiais granulares de qualidade. Camada mais importante deste tipo de pavimento - Camada estrutural. Suporta, essencialmente as solicitações induzidas pelo tráfego, assegurando uma degradação das tensões compatível com a necessidade de evitar a mobilização excessiva das características resistentes dos terrenos de fundação.	15-30 cm
Camada de sub-base	Constituída por material granular do tipo <i>tout venant</i> ou com recomposição em central. Permite a adequada compactação da base. Suporta, redistribui e transfere para a fundação, as tensões transmitidas ao nível da base. Deve apresentar características drenantes e permeabilidade adequada para se opor à estagnação da água, evitando que as águas ascensionais ou águas capilares atinjam as camadas nobres do pavimento.	15-20 cm

A Figura 2.4 apresenta dois exemplos de estruturas que podem ser adotadas em pavimentos flexíveis: uma destinada a um tráfego reduzido, considerando uma fundação com elevada capacidade de suporte (estrutura a); e outra destinada a um tráfego intenso e com uma fundação de reduzida capacidade suporte (estrutura b). Também apresenta para cada camada, a sua espessura, o material que a constitui, assim como os valores típicos das

características de deformabilidade.

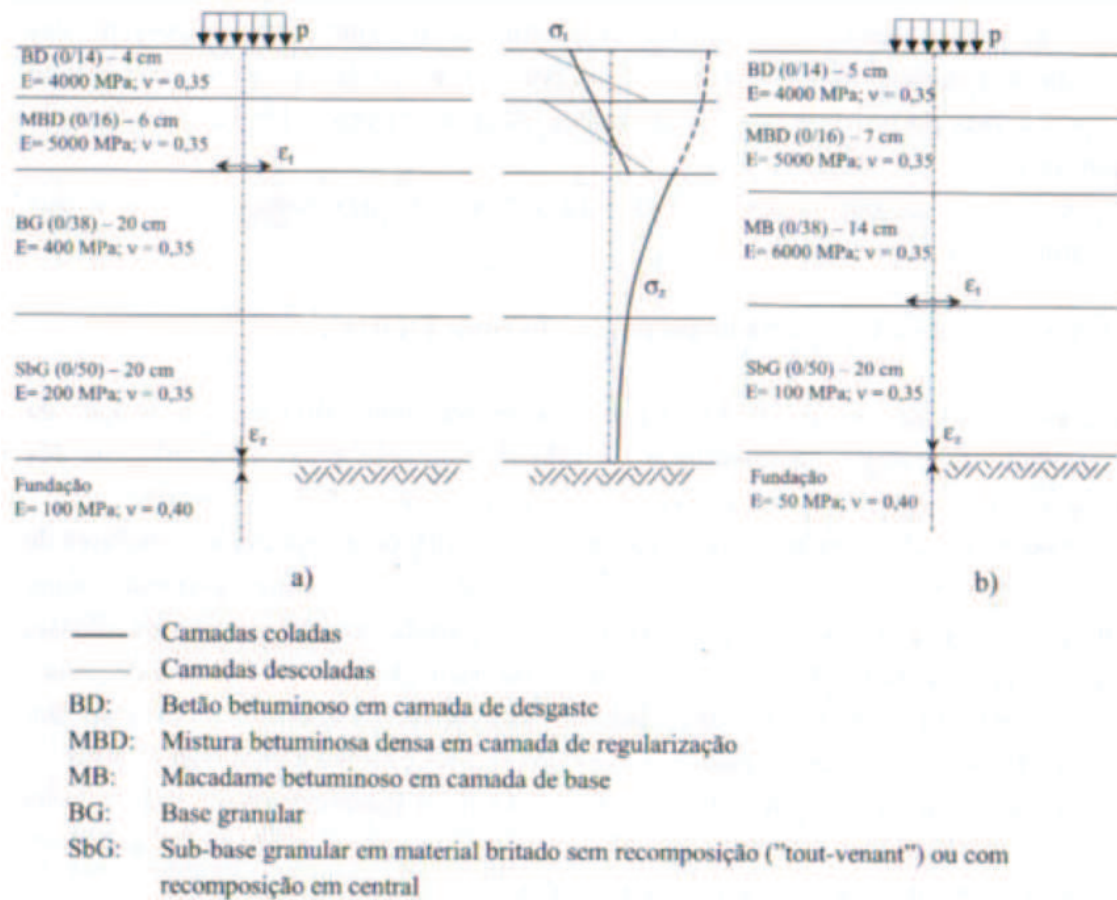


Figura 2.4: Constituição e comportamento de um pavimento flexível (Branco et al, 2006)

Através da aplicação de “regras de colagem” efetuadas com ligantes betuminosos entre camadas, procura-se obter que as camadas betuminosas fiquem coladas umas às outras, funcionamento como uma camada única.

Com as regras de colagem as camadas betuminosas estão submetidas a um estado de tensões mais reduzido, como se pode observar na Figura 2.4 (Santos et al, 2012):

- O traço descontínuo, que representa o estado camadas descoladas, a tensão de compressão máxima (faces superiores) e tração (faces inferiores).
- O traço contínuo, que representa o estado com regra de colagem, (as camadas coladas, comportam-se como uma só) a tensão de compressão máxima (face superiores) e tração (face inferiores).

No estado em que as camadas estão descoladas, corresponde a um estado de tensão muito mais severo que o verificado com as camadas coladas

Nos casos em que a camada se considera colada (situação de projeto), e que passou a descolada (situação real), podem ocorrer duas situações que contribuem para a evolução acelerada das degradações do pavimento (Branco et al, 2006):

- As tensões máximas de tração na face inferior da última camada betuminosa podem ser superiores às tensões admissíveis consideradas de projeto;
- A camada de desgaste pode estar submetida a esforços de tração, para os quais não foi concebida, (origem do fendilhamento na camada de desgaste).

As camadas granulares, não têm capacidade para resistir a esforços de tração, apenas é concebida para resistir aos esforços de compressão, que são máximos à superfície e que se reduzem em profundidade (Santos et al, 2012).

2.3 Pavimentos Rígidos

Os pavimentos rígidos têm uma constituição e modo de funcionamento diferente dos pavimentos flexíveis.

Os pavimentos rígidos apresentam deformabilidade extremamente reduzida, mesmo quando submetidos a tráfego pesado intenso e lento, devido sobretudo à elevada resistência à flexão do betão. Estes pavimentos são constituídos na camada superior por materiais granulares estabilizados com ligantes hidráulicos, formando uma laje de betão de cimento, compactado por vibração, sendo a camada inferior, camada de sub-base, constituída por material granular ou por material granular estabilizado com ligante hidráulico (betão pobre). A camada de sub-base é construída visando mais a componente funcional do que a resistente, visto obter-se uma camada regular que permite a execução da laje em boas condições, devendo ao mesmo tempo ser resistente à erosão, evitar o descalçamento da laje e suportar a ação do tráfego. Neste tipo de pavimentos, as cargas induzidas pelo tráfego são maioritariamente suportadas pela laje de betão.

A Figura 2.5 mostra um exemplo tipo de pavimento rígido, referenciando os tipos de matérias que constituem as suas respetivas camadas.

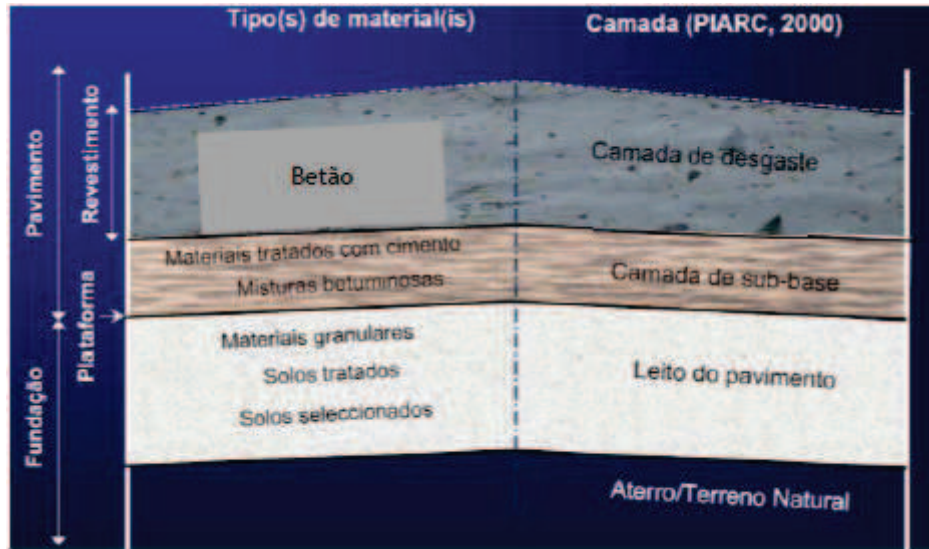


Figura 2.5: Constituição de um pavimento rígidos (LNEC, 2005)

No Quadro 2.4 são referidas as principais características das camadas constituintes dos pavimentos rígidos e os intervalos de espessuras geralmente adotados para as mesmas.

Quadro 2.4: Camadas constituintes de um pavimento rígido e respectivas características (Pereira, 2003; Branco et al, 2006; EP, S.A., 1995)

Camadas	Características	Espessuras tipo
Camada de betão de cimento	Camada estrutural do pavimento com características de impermeabilização, constituída por uma laje de betão de cimento compactado por vibração. Apresenta superfície regular e desempenada adequada à circulação de veículos em condições de conforto, economia e segurança. Suporta, redistribui e transfere para a camada inferior as tensões induzidas pelos rodados dos veículos. Equivale ao conjunto camada de desgaste e camada de base, quando comparado com um pavimento flexível.	20-25 cm
Camada de sub-base	Constituída por material granular (agregado de granulometria extensa), betão pobre ou solo-cimento (material granular estabilizado com ligante hidráulico). Recebe as tensões transmitidas ao nível da camada superior. Camada regular que: permite a execução da laje em boas condições e resiste à erosão; assegura a uniformização de assentamentos; e apresenta características drenantes .	15-20 cm

Como pode ser observado na Figura 2.6, neste tipo de pavimento as tensões verticais provocadas pelas cargas distribuem-se sobre uma grande área da laje de betão, de modo que a tensão vertical máxima que atinge a fundação representa uma pequena fração da pressão de contacto dos pneus. Por esta razão, neste tipo de pavimento, a sub-base não visa tanto obter uma determinada capacidade resistente, como no caso de um pavimento flexível, mas antes uma camada regular, que permita a execução da laje em boas condições, e que seja resistente à erosão, que sob ação do tráfego de obra, quer em serviço para evitar o deslocamento da laje.

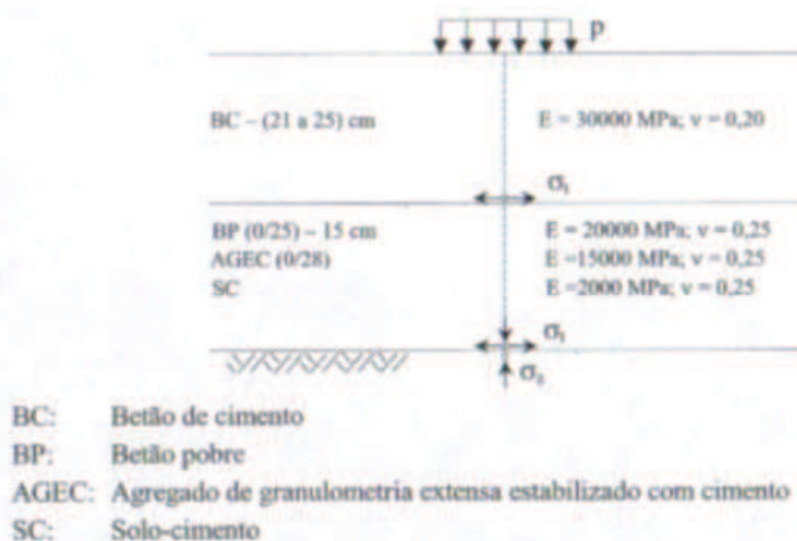


Figura 2.6: Constituição e comportamento de um pavimento rígido (Branco et al, 2006)

Os pavimentos rígidos apresentam as tensões verticais provocadas pelas cargas a distribuir-se sobre uma grande área da laje de betão, de modo que a tensão vertical máxima que atinge a fundação representa uma pequena fração da pressão de contacto dos pneus. Por esta razão, neste tipo de pavimento, a sub-base não visa tanto obter uma determinada capacidade resistente, como no caso de um pavimento flexível, mas antes uma camada regular, que permita a execução da laje em boas condições, e que seja resistente à erosão, quer sob ação do tráfego de obra, quer em serviço para evitar o deslocamento da laje (Branco et al, 2006).

2.4 Pavimentos Semirrígidos

Os pavimentos semirrígidos resultam da combinação dos dois tipos de pavimentos descritos anteriormente, com camadas superiores, uma ou duas (desgaste e regularização) constituídas por materiais betuminosos e camadas subjacentes a esta encontra-se camada de base constituída por material granular estabilizado com ligante hidráulico, apresenta ainda uma

camada de sub-base, geralmente, constituída por material granular de granulometria extensa, estabilizado mecanicamente, tendo o conjunto deformabilidade reduzida. Neste tipo de pavimentos é a camada de base que suporta, maioritariamente, as cargas induzidas pelo tráfego, tendo, em certos casos, as camadas betuminosas uma contribuição estrutural importante, em função das respetivas espessuras.

Nos pavimentos semirrígidos podem distinguir-se “estruturas diretas” e “estruturas inversas”. Nas primeiras, as camadas betuminosas apoiam-se diretamente sobre a base estabilizada com ligante hidráulico, nas segundas, existe interposição de uma camada granular, não ligada, com espessura de cerca de 15 cm (espessura adotada no manual de dimensionamento português (MADIPAV, 1995), entre as camadas betuminosas e a camada de betão pobre, o que constitui uma forma de contrariar a propagação das fendas da base às camadas betuminosas. A Figura 2.7 mostra um exemplo tipo de pavimento semirrígido, referenciando os tipos de matérias que constituem as suas respetivas camadas.

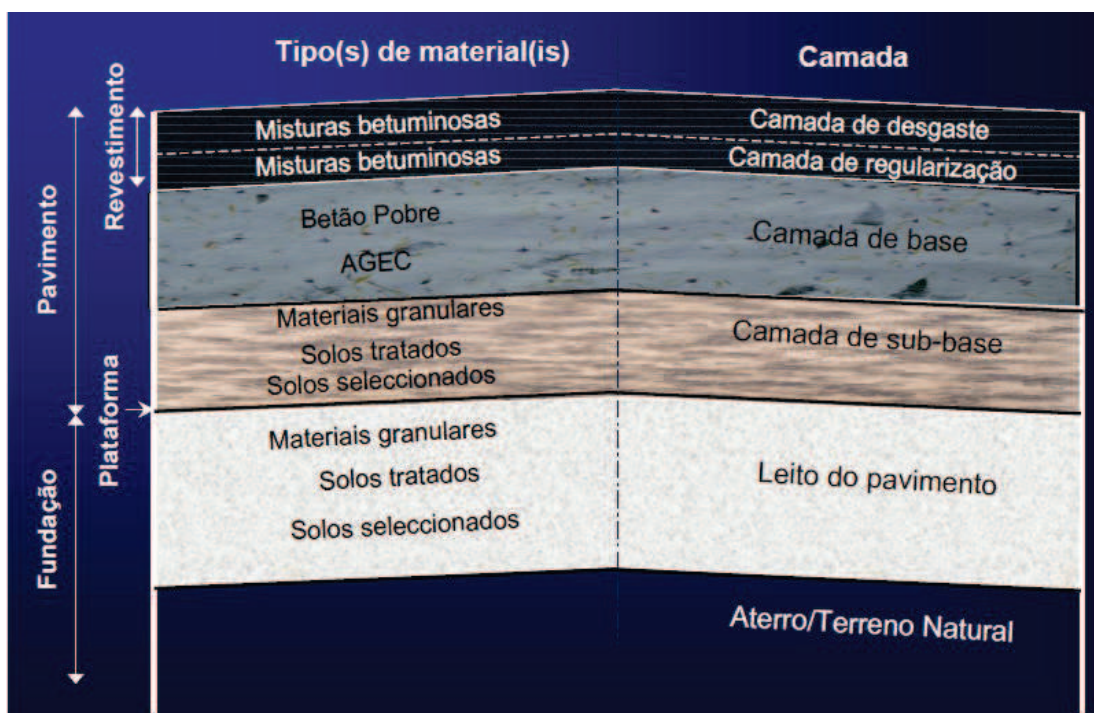


Figura 2.7: Constituição de um pavimento semirrígido (LNEC, 2005)

No Quadro 2.5 são referidas as principais características das camadas constituintes dos pavimentos semirrígidos e os intervalos de espessuras geralmente adotados para as mesmas.

Quadro 2.5: Camadas constituintes de um pavimento semirrígido e respectivas características (Pereira, 2003; Branco et al, 2006; EP, S.A., 1995)

Camadas	Características	Espessuras tipo
Camada de desgaste	Constituída por material betuminoso. Suporta, redistribui e transfere para as camadas inferiores as tensões induzidas pelos rodados dos veículos. Deve apresentar características de impermeabilização, com superfície regular, desempenada e adequada à circulação de veículos em condições de conforto, economia e segurança. Deve ainda apresentar uma rugosidade compatível com a mobilização de atrito necessário à garantia de uma boa aderência entre os rodados e o pavimento.	4-6 cm
Camada de regularização	Constituída por mistura betuminosa. Suporte da camada de desgaste: suporta, redistribui e transfere para as camadas inferiores as tensões transmitidas ao nível da camada de desgaste. A sua superfície deve ser regular e desempenada para garantir a boa execução da camada de desgaste.	5-12 cm
Camada granular (para um pavimento semirrígido com estrutura “inversa”)	Camada de material granular de granulometria extensa, não ligada, colocada entre as camadas betuminosas e a camada de betão pobre, utilizada em estruturas “inversas” com o intuito de contrariar a propagação das fendas da base às camadas betuminosas.	15 cm
Camada de base	Constituída por material granular estabilizado com ligante hidráulico (geralmente betão pobre cilindrado). Principal camada estrutural devido a sua elevada rigidez.	20 - 30 cm
Camada de sub-base	Constituída por material granular britado sem recomposição (tout venant) ou com recomposição em central, com granulometria extensa. É importante no processo construtivo pois permite distribuir as tensões induzidas pelo tráfego. Outra função desta camada prende-se com a funções drenantes, ajudando a proteger as camadas superiores de água capilar funcionando como barreira, ajudando também a drenagem interna do pavimento, quando concebida para tal.	15 cm

A Figura 2.8 mostra um exemplo tipo de pavimento semirrígido, referenciando os tipos de matérias que constituem as suas respectivas camadas.

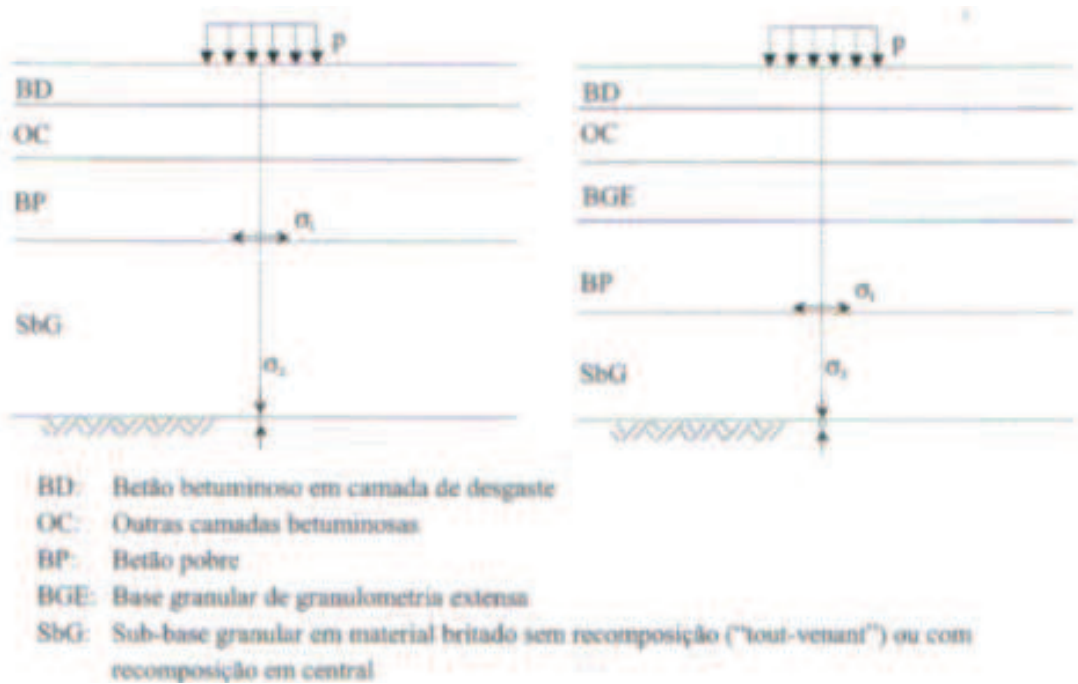


Figura 2.8: Constituição e funcionamento de um pavimento semirrígido (Branco et al, 2006)

Os pavimentos semirrígidos devido a sua constituição é a camada de base, devido à sua elevada rigidez, que absorve a maior parte dos esforços verticais, atuando sobre o solo de fundação com valores muito reduzidos.

Os valores para as espessuras tipo apresentados nos Quadros 2.3, 2.4 e 2.5, são apenas indicativos, podendo o dimensionamento de um determinado pavimento (com uma determinada fundação, tráfego previsto e determinadas condições climáticas) ter valores diferentes dos apresentados.

2.5 Patologia dos Pavimentos Rodoviários

Logo após a sua construção, qualquer pavimento rodoviário está sujeito a a ações que levam à sua degradação, e conseqüentemente, à diminuição progressiva da sua qualidade inicial. Estas ações podem agrupar-se em dois grupos:

- Solicitações resultantes da aplicação das cargas dos veículos - ação vertical e ação tangencial;
- Solicitações resultantes da ação dos agentes climáticos - ação da temperatura e ação da água externa e interna no pavimento e na fundação.

A evolução das degradações de um pavimento, aparentes ou não, apoia-se no “princípio da cadeia de conseqüências”, onde uma degradação não evolui isoladamente no tempo, antes dá origem a novos tipos de degradações, as quais, por sua vez, interferem mutuamente. Considera-se assim o processo de degradação de um pavimento dependente de dois grupos de fatores:

- Os fatores passivos, característicos do pavimento construído - espessura das camadas, materiais utilizados, qualidade de construção;
- Os fatores ativos, principais responsáveis pela degradação - ações do tráfego e do clima.

Além dos fatores passivos e ativos de degradação há ainda considerar:

- A qualidade da ligação entre camadas de desgaste e base;
- O sub-dimensionamento da camada de desgaste ou das camadas inferiores;
- Camadas estruturais de reduzida compacidade;
- Deficiências de construção juntas;
- Condições de drenagem;
- A qualidade dos materiais empregues;
- Capacidade de suporte insuficiente dos terrenos de fundação;

Tendo em conta as ações e os fatores que influenciam o comportamento de um pavimento rodoviário, o processo que determina a sua evolução em termos de qualidade é de elevada complexidade.

Na Figura 2.9 apresenta-se um esquema que exemplifica a evolução do estado de um pavimento rodoviário em função das solicitações a que está sujeito, para determinadas propriedades dos materiais e geometria da estrutura.

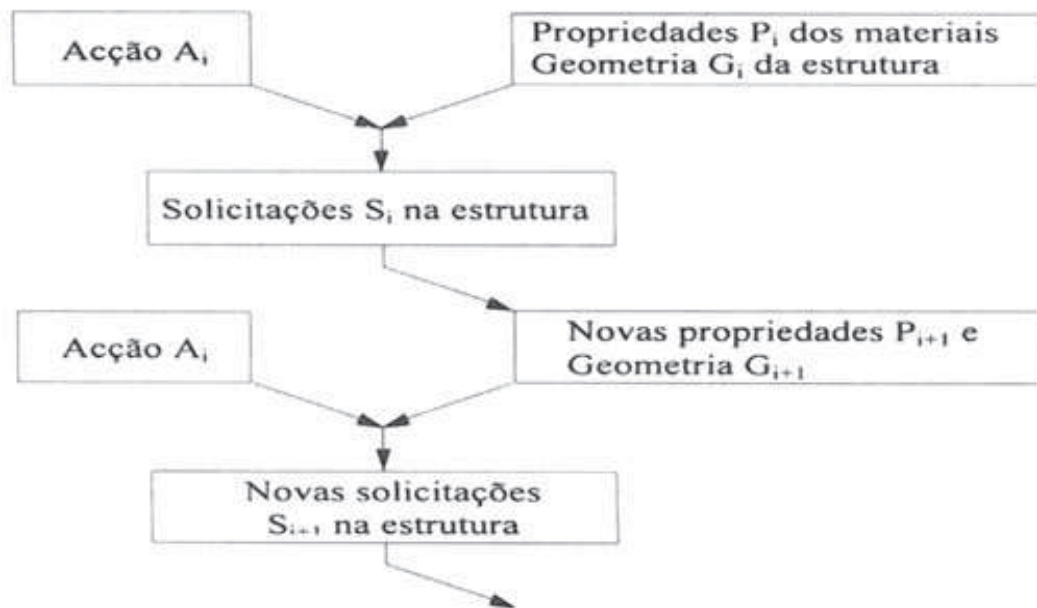


Figura 2.9: Evolução das solicitações S num pavimento (Pereira et al, 1999)

É de salientar que na fase de projeto é possível prevenir ou minimizar o aparecimento de algumas patologias. Para tal, é necessário incorporar no projeto descrições pormenorizadas da metodologia a adotar para execução dos trabalhos e dos materiais a empregar.

2.5.1 Degradações dos Pavimentos Flexíveis

Um pavimento flexível apresenta ao longo da sua vida uma evolução que, em geral, se traduz no aparecimento de uma vasta diversidade de degradações, as quais contribuem para uma contínua redução da qualidade do pavimento.

As degradações nos pavimentos podem ocorrer na superfície da estrada e na estrutura do pavimento.

As degradações que ocorrem à superfície afetam sobretudo o comportamento funcional da superfície do pavimento. São materializadas pelo desgaste da camada de desgaste, pelo aparecimento de fendas na camada de desgaste e pelo aparecimento de ligante à superfície da estrada (exsudação). A sua evolução destas degradações conduz à perda das características estruturais, resultando na ruína do pavimento.

As degradações que ocorrem devido à deterioração das características estruturais dos pavimentos traduzem-se pelo aparecimento, à superfície do pavimento, de fendas e de rodeiras (deformações permanentes). Estas degradações têm origem na falta de capacidade da carga do solo de fundação e favorecem a acumulação de água e por vezes a penetração de

água para as camadas inferiores do pavimento, que sob ação conjunta de outras ações conduzem à ruína do pavimento. A evolução destas degradações conduz à perda das características superficiais, com a conseqüente diminuição das condições de segurança, conforto e economia (Azevedo, 2000/2001).

Segundo Pereira et al, (1999), as famílias de degradações mais importantes que se podem considerar nos pavimentos flexíveis são:

- Deformações;
- Fendilhamento;
- Degradação da camada de desgaste;
- Movimento de materiais;
- Reparações.

De acordo com o “Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários” (EP, S.A., 2008), as reparações observáveis na camada de desgaste também são consideradas patologias, já que, mesmo quando bem executadas, criam descontinuidades e tornam-se locais suscetíveis ao surgimento da mesma ou de novas patologias.

No Quadro 2.6 são apresentados as famílias e os tipos de degradações mais comuns que podem ocorrer nos pavimentos flexíveis.

Quadro 2.6: Famílias e tipos de degradações para pavimentos flexíveis (Pereira et al, 1999)

Família de Degradações	Tipos de degradações		
Fendilhamento	Fendas	Fadiga	
		Longitudinais	Eixo
			Berma
	Transversais parabólicas		
	Pele de crocodilo	Malha fina (≤ 40 cm)	
Malha larga (>40 cm)			
Deformações	Deformações localizadas		
	Ondulações de superfície		
	Rodeiras	Grande raio (camadas inferiores)	
		Pequeno raio (camadas superiores)	
	Abatimentos	Longitudinal	Eixo
			Berma
Transversal			

Quadro 2.6: Famílias e tipos de degradações para pavimentos flexíveis (Pereira et al, 1999)

(Continuação 1)

Desagregação da camada de desgaste	Desagregação
	Pelada
	Cabeça de gato
	Ninhos (covas)
Movimento de Materiais	Exsudação
	Subida de finos

Fendilhamento

O fendilhamento é a família de degradações mais frequente nos pavimentos flexíveis e resulta principalmente da fadiga dos materiais das camadas betuminosas, devido à repetição dos esforços de tração por flexão destas camadas (Branco et al, 2006). Em algumas condições ocorrem devido às concentrações de tensões provocadas pela ação térmica (Minhoto, 2005), sendo o seu aparecimento um dos primeiros sinais de redução da qualidade estrutural do pavimento.

O fendilhamento pode integrar um número elevado de tipos de degradações, quer sejam as fendas isoladas ou ramificadas, classificadas quando à sua localização e origem, quer sejam as fendas formando uma malha, resultante da evolução das outras fendas.

O Quadro 2.7 apresenta a descrição e as causas que podem contribuir para o aparecimento das degradações do tipo “fendas” e “pele de crocodilo”.




Quadro 2.7: Tipos de fendilhamento em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006;EP, S.A., 2008)

Tipos de Fendilhamento	
Fendas	<p>Fadiga - fendas irregulares localizadas na zona de passagem dos rodados dos veículos, geralmente com orientação inicial longitudinal, progredindo na direção transversal e noutras direções irregulares; podem ser isoladas e ramificadas, consoante a menor ou maior fase de desenvolvimento respetivamente.</p> <p>Causas possíveis: fadiga das camadas betuminosas, falta de capacidade de suporte das camadas granulares e do solo de fundação e deficiente qualidade das misturas betuminosas.</p>



Quadro 2.7: Tipos de fendilhamento em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006;EP, S.A., 2008)

(Continuação 1)

<p>Longitudinais - fendas paralelas ao eixo da estrada, localizadas geralmente ao longo da zona de passagem dos veículos e por vezes junto ao eixo da estrada.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> deficiência da junta longitudinal de construção, drenagem deficiente, originando diferencial de capacidade de suporte junto à berma e/ou misturas betuminosas muito rígidas, originando abertura de fendas por retração.</p>	
<p>Transversais - fendas sensivelmente perpendiculares ao eixo da estrada, isoladas ou com espaçamento variável, abrangendo parte ou toda a largura da faixa de rodagem.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> podem resultar de uma deficiência da junta transversal de construção, da retração térmica da camada de desgaste ou da capacidade diferencial da fundação.</p>	
<p>Parabólicas - manifestam-se na zona de passagem do tráfego, com o eixo da parábola orientado no sentido longitudinal.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> podem resultar como consequência de problemas de estabilidade da camada de desgaste e da sua ligação às camadas betuminosas subjacentes, elevados esforços tangenciais induzidos pelos rodados do tráfego e a temperatura elevadas</p>	
<p>Pele de Crocodilo - fendas que formam entre si uma malha de dimensão variável, localizada inicialmente na zona de passagem dos rodado dos veículos, abrangendo progressivamente toda a largura da via de tráfego, resultante da evolução das fendas ramificadas.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> as mesmas que foram anteriormente descritas para as fendas em geral e ausência de conservação preventiva.</p>	

Deformações

As deformações têm em geral como causa principal um comportamento anormal das diferentes camadas do pavimento e do solo de fundação (Pereira, et al., 1999). Assim, a

deficiente capacidade de suporte do solo de fundação, a compactidade insuficiente das camadas estruturais do pavimento, assim como, as más condições de drenagem, são as principais causas do aparecimento das deformações.

Os tipos de degradação mais frequentes na família das deformações são as rodeiras, que consistem na deformação permanente do pavimento na zona de passagem dos rodados dos veículos (Minhoto, 2005) .

O Quadro 2.8 apresenta uma descrição sumária e as principais causas que propiciam o aparecimento de deformações.

Quadro 2.8: Tipos de deformações em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006; EP, S.A., 2008)

Tipos de deformações		
<u>Abatimento</u>	Longitudinal - pode localizar-se ao longo do pavimento junto à berma ou ao longo do eixo da faixa de rodagem	<p>Berma - pode resultar de uma redução da capacidade de suporte das camadas granulares e do solo de fundação, relacionada com a entrada de água através da berma ou da interface berma-pavimento.</p> 
		<p>Eixo - ocorre quando existe fendilhamento ao longo do eixo, resultando numa redução da capacidade de suporte por infiltração de água até às camadas inferiores granulares e até ao solo de fundação; problemas de construção da camada superficial de desgaste.</p> 
	<p>Transversal - tem uma localização dependente da ocorrência de situações patológicas ao nível das camadas inferiores, em particular no solo de fundação e camadas granulares.</p> 	

Quadro 2.8: Tipos de deformações em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006; EP, S.A., 2008)

(Continuação 1)

<p>Deformações localizadas - alterações de nível do pavimento, formando depressões ou alteamentos, que surgem isoladamente em pontos localizados do pavimento.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> podem resultar da falta de capacidade do solo de fundação, da contaminação localizada das camadas granulares, ou da capacidade deficiente em zonas pontuais do pavimento, em particular das camadas granulares.</p>	
<p>Ondulação - deformação transversal que se repete com uma determinada frequência ao longo do pavimento.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> pode ocorrer nas camadas de desgaste constituídas por revestimento superficial devido a deficiências na distribuição do ligante; pode verificar-se em camadas de betão betuminoso onde ocorra o arrastamento da mistura por excessiva deformação plástica, devido à ação do tráfego; pode também ter como causa a deformação da fundação.</p>	
<p>Rodeiras - deformações transversais localizadas ao longo da zona de passagem dos rodados dos veículos, podendo ser de grande ou pequeno raio.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> rodeiras de grande raio - compactação insuficiente das camadas em geral, capacidade deficiente das camadas granulares e da fundação, com ocorrência de deformações permanentes; rodeiras de pequeno raio: misturas betuminosas com reduzida resistência à deformação plástica.</p>	

Desagregação da camada de desgaste

Esta família de degradações reflete-se essencialmente na perda de qualidade superficial da camada de desgaste, devido à evolução da própria camada, resultante da falta de estabilidade da ligação entre os materiais constituintes da mistura (Branco et al, 2006).

O Quadro 2.9 apresenta uma descrição e as causas possíveis para a ocorrência de desagregação da camada de desgaste.

Quadro 2.9: Tipos de desagregação em camadas de desgaste de pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco, et al, 2006; EP,S.A., 2008)



Tipos Desagregação da camada de desgaste	
<p>Desagregação - arranque de uma das frações do agregado, geralmente a mais grossa, ou perda do masticue (finos, filer e ligantes betuminosas).</p> <p><i>Causas possíveis:</i> perda de ligante betuminoso e consequente o desprendimento dos agregados grossos.</p>	
<p>Pelada - desprendimento em forma de placa, da camada de desgaste, relativamente à camada inferior.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> espessura reduzida da camada de desgaste, deficiente ligação entre a camada de desgaste e a camada betuminosa seguinte, falta de estabilidade de camada de desgaste.</p>	
<p>Ninhos (covas) - cavidades de forma arredondada localizadas na camada de desgaste, podendo progredir para as camadas inferiores.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> evolução de outras degradações, em particular do fendilhamento, deficiente qualidade dos materiais da camada de desgaste e/ou uma zona localizada com deficiente capacidade de suporte.</p>	
<p>Cabeça de gato - quando se verifica perda dos componentes mais finos da mistura, ficando os agregado grossos mais salientes.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> condições severas de tráfego, devido às ações tangenciais elevadas transmitidas pelos pneus ao pavimento em descidas acentuadas e curvas de raio reduzido.</p>	

Movimento de materiais

O movimento de materiais resulta da movimentação de materiais constituintes das camadas (betuminosas ou granulares) ou da fundação, através das camadas do pavimento. (Branco et al, 2006).

No Quadro 2.10 é apresentada uma descrição sumária e as principais causas possíveis para a ocorrência da degradação movimentos de materiais.

Quadro 2.10: Tipos de movimentos de materiais em pavimentos flexíveis: descrição e causas possíveis (Branco et al, 2006; EP, S.A., 2008)

Tipos de movimentos de materiais	
<p>Exsudação - migração à superfície do ligante betuminoso da camada de desgaste, em particular na zona de passagem dos rodados dos veículos, conferindo-lhe um aspeto negro e brilhante.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> excesso de ligante (com envolvimento dos agregados grossos e redução da macrotextura), contaminação por rega de colagem excessiva, por ligante de reduzida viscosidade e /ou mistura betuminosa de reduzida estabilidade submetida a tráfego intenso e temperaturas elevadas.</p>	
<p>Subida de finos - manchas de cor esbranquiçada devidas à presença de finos, provenientes das camadas granulares e do solo de fundação, aparecendo inicialmente junto às fendas, evoluindo posteriormente para toda a superfície de camada de desgaste.</p> <p><i>Causas possíveis:</i> drenagem deficiente do pavimento, que promove a ascensão da água através do solo de fundação, das camadas granulares e das camadas betuminosas fendilhadas, arrastando os finos e/ou circulação da água infiltrada nas camadas granulares através das fendas e expulsa destas devido à passagem dos veículos.</p>	

2.5.2 Degradações dos Pavimentos Rígidos

A dissertação vai-se debruçar sobre os pavimentos flexíveis, pelo que apresentará de forma mais sumária as degradações que podem ocorrer nos pavimentos rígidos.

As principais degradações dos pavimentos rígidos podem ser agrupadas em: movimentos de materiais, deformações, fendilhamento, defeitos da superfície e reparações (EP, S.A, 2008)

No Quadro 2.11 são apresentados as famílias e tipos de degradações mais comuns nos pavimentos rígidos.

Quadro 2.11: Famílias e tipos de degradações para pavimentos rígidos (Pereira et al, 1999)

Família de Degradações	Tipos de degradações	
Fendilhamento das Lajes	Fendas	Diagonais
		Longitudinais
		Laje
		Canto
		Transversais
	Fendilhamento de blocos	
Deformações	Escalonamento das lajes	
Defeitos de superfície	Desagregação superficial	
	Defeitos de juntas	
	Defeitos de selagem das juntas ou fendas	
Movimento de Materiais	Bombagem de finos	




Fendilhamento

Em relação ao fendilhamento, as causas de degradação mais comuns são as seguintes:

- Fadiga - a fadiga das lajes de betão é devida à repetição das tensões de tração provocadas pelas cargas dos veículos, ao longo da vida do pavimento. Se o pavimento for bem dimensionado só deverão ocorrer na fase final da vida do pavimento, caso contrário podem revelar uma insuficiência estrutural da laje de betão.
- Retração - por ação da temperatura;
- Encurvamento das lajes - provocado pela ocorrência de gradientes de temperatura entre as faces superior e inferior da laje de betão, o que conduz a esforços suplementares na laje (na face inferior e superior) (Brancoet al, 2006).

No Quadro 2.12 são apresentados os tipos de fendilhamento que podem ocorrer nas lajes de pavimentos rígidos.

Quadro 2.12: Tipos fendilhamento em lajes de pavimentos rígidos (Branco et al, 2006; EP, S.A., 2008)

Tipos de Fendilhamento	
Fendas	<p>Fendas diagonais - fendas que ligam juntas ou fendas transversais e longitudinais adjacentes, situadas a uma distância superior a 50 cm do canto das lajes.</p>
	<p>Longitudinais - fendas paralelas ao eixo da estrada, não limitadas à zona de passagem dos rodados veículos.</p> 
	<p>Fendas transversais - fendas perpendiculares ao eixo da estrada, isoladas ou com espaçamento variável, abrangendo parte ou toda a largura da faixa de rodagem.</p> 
	<p>Fendas em laje - fendas longitudinais e transversais que formam lajes de menores dimensões.</p>
	<p>Fendas de canto - fendas que ligam dois dos lados adjacentes duma laje e que se situam a uma distância inferior a 50cm do canto da laje.</p> 




Deformações

As deformações deste tipo de pavimento podem ser associadas ao escalonamento das lajes, que é um desnível vertical entre dois lados de uma junta ou entre dois bordos de uma fenda, e ocorre quando, sob a ação repetida das cargas, a camada de sub-base ou o solo de fundação têm materiais erodíveis, quando há o acesso da água às camadas de sub base e ao solo de fundação ou quando há uma insuficiente proteção das juntas (EP, S.A., 2008; Branco et al, 2006).

Defeitos da superfície

Os defeitos da superfície mais comuns em pavimentos rígidos são os apresentados no Quadro 2.13

Quadro 2.13: Tipos de defeitos da superfície de pavimentos rígidos (Branco et al, 2006; EP, S.A., 2008)

Tipos de Defeitos de superfície	
<p><u>Defeitos de selagem das juntas ou fendas</u> - expulsão ou rotura do produto de selagem das juntas ou fendas, devido a deficiente selagem, o que permite a entrada e incrustação de agregados.</p>	
<p><u>Desagregação superficial</u> - desagregações superficiais do betão de cimento, evidenciadas por lasqueamento ou desintegração progressiva da superfície (desprendimento da calda superficial seguida do polimento e perda de agregados). Pode ter como causa a ação do desgaste do tráfego, além da utilização de materiais de qualidade deficiente.</p>	
<p><u>Defeitos das juntas</u> - desagregação dos bordos das juntas. Relacionados com o facto de as juntas serem demasiadas estreitas ou com o escalonamento das lajes devido ao fenómeno de bombagem dos finos.</p>	

A maior parte das degradações observadas em pavimentos rígidos, bem concebidos e dimensionados, durante a sua vida útil de exploração, estão associadas a deficiências construtivas, por exemplo, o mau alinhamento das barras de transferência de carga que por vezes não ficam paralelas ao eixo da estrada (Branco et al, 2006).

2.5.3 Degradações dos Pavimentos Semirrígidos

Neste tipo de pavimentos podem considerar-se os três mecanismos principais de degradação apresentados no Quadro 2.14 (Pereira et al, 1999).

Quadro 2.14: Famílias e tipos de degradações em pavimentos semirrígidos (Pereira et al., 1999)

Família de Degradações	Tipos de degradações
Fendilhamento por fadiga	Fendas isoladas
	Fendilhamento em pele de crocodilo
Fendilhamento por retração	Reflexão das fendas para as camadas betuminosas
	Variações térmicas
Degradações por perda de coesão	Pele de crocodilo em malha estreita
	Subida de finos
Degradação da interface	Deslocamentos na interface da camada hidráulica
	Pelada
	Deslocamentos na interface da camada de regularização
	Pele de crocodilo

Fendilhamento por Fadiga

O fendilhamento por fadiga está relacionado com a fadiga da “camada hidráulica” e tem como principal causa a ação do tráfego combinada eventualmente com ações de origem térmica.

Este tipo de fendas pode evoluir dando origem a pele de crocodilo de malha larga. As fendas na camada hidráulica provocam na sua vizinhança uma distribuição de tensões desfavorável ao bom comportamento mecânico da camada superior, conduzindo à propagação das fendas até à superfície, através das camadas betuminosas (Branco et al, 2006; Pinto, 2003).

Fendilhamento por Retração

O fendilhamento por retração resulta na propagação de fendas das camadas subjacentes às camadas betuminosas superiores, ou seja, das camadas tratadas com ligantes hidráulicos, que pela sua natureza possuem fendas ou juntas de retração, o que propicia a penetração de água no interior das camadas do pavimento podendo contribuir para a ruína estrutural prematura do pavimento.

As causas mais comuns associadas a este tipo de degradação são quantidade deficiente de camada hidráulica, compactação incorreta e as camadas inferiores muito deformáveis.

Perda de Coesão

A perda de coesão do material da base (camada hidráulica) origina degradações como a pele de crocodilo de malha estreita, ao nível da camada de desgaste, com a possível subida de finos.

As causas mais comuns associadas a este tipo de degradação são o sub-dimensionamento da camada hidráulica (deficiente teor em água ou sub-dosagem de ligante), uma compactação incorreta, camadas inferiores muito deformáveis ou a perturbação da presa da camada hidráulica devido à circulação do tráfego nos primeiros dias de vida do pavimento (Branco et al, 2006).

Degradação da interface

Nos pavimentos semirrígidos de estruturas direta deverá ser aplicada uma rega de colagem entre a camada betuminosa de regularização e a camada de base. A alteração destas condições de interface conduz ao aumento das tensões instaladas nas camadas betuminosas, que pode contribuir para o aparecimento de fendas, pele de crocodilo e peladas.

As causas mais comuns para o aparecimento deste tipo de degradação são: falta de limpeza da interface durante a construção, deficiente rega de colagem, compacidade e espessura insuficientes das camadas betuminosas, permeabilidade excessiva da camada de desgaste, ação dos movimentos da camada de base de origem térmica e ação do fenómeno gelo-degelo (Branco et al, 2006).

Capítulo 3

Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários

3.1 Importância da Conservação e Reabilitação de Pavimentos

Os pavimentos rodoviários, logo após a sua construção, começam a ser submetidos a ações diversas que, continuamente, contribuem para a sua degradação, ou seja, para a degradação progressiva da sua qualidade inicial.

O processo de evolução das degradações de um pavimento apoia-se no “princípio de 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 et al, 1999).

A adoção da medida mais adequada a cada caso requer o diagnóstico prévio das causas das degradações atuais ou previsíveis e o conhecimento tanto da estrutura do pavimento existente como das características dos seus materiais, do tráfego, do clima e de outros parâmetros da estrada, além dos diferentes procedimentos de reabilitação disponíveis (Azevedo, 1999).

Assim, da existência de degradações decorrem dois tipos de interferência com a qualidade do pavimento:

- Com a aptidão do pavimento para suportar as cargas dos veículos, sob determinadas condições climáticas (qualidade estrutural);
- Com a qualidade de circulação captada pelos utentes rodoviários (qualidade funcional).

E duas técnicas principais de reabilitação:

- Técnicas de Reabilitação das Características Superficiais - vocacionadas para a melhoria das características funcionais do pavimento;
- Técnicas de Reabilitação das Características Estruturais - consiste no reforço da capacidade de suporte do pavimento existente.

As técnicas de reabilitação das características superficiais dos pavimentos rodoviários aplicam-se ao nível da camada de desgaste, de modo a recuperar as características funcionais do pavimento. Estas técnicas devem ser aplicadas em pavimentos com boas condições estruturais.

Neste contexto, uma vez construído um pavimento, é fundamental estabelecer um programa de acompanhamento da sua evolução, para apoiar a decisão de intervir em determinados momentos ao longo do seu ciclo de vida, de modo a repor a sua qualidade. Estas intervenções constituem a atividade de conservação/reabilitação de pavimentos rodoviários.

Segundo a EP, S.A., (2009), entende-se por conservação o conjunto operações orientadas para a preservação ou a reposição de um nível de serviço satisfatório, o mais próximo possível do estado inicialmente estabelecido, mantendo em bom estado de conservação e perfeitas condições de utilização as vias e outros bens e seus equipamentos. Por outro lado, a reabilitação é uma operação destinada a repor um bom nível de serviço, no mínimo no estado inicial, e a prolongar o período de vida útil da estrutura existente.

A atividade de conservação/reabilitação de pavimentos é assim fundamental para preservar um património valioso e manter um nível de serviço que ofereça aos utentes as melhores condições de circulação, nomeadamente nas vertentes da segurança, do conforto e da redução dos custos de circulação.

Este trabalho pretende dar um contributo na área da conservação de rotina/corrente, mais especificamente nos trabalhos de selagem e preenchimento de fendas e tapagem de covas, no entanto, serão também apresentados os principais conceitos e trabalhos associados a cada estratégia de conservação.

3.2 Estratégias de conservação Rodoviária

Os serviços de conservação das redes rodoviárias fazem parte de um conjunto de funções e atividades destinadas a proporcionar conforto e segurança aos utentes das estradas.

Entende-se por conservação de pavimentos qualquer intervenção que permita manter ou recuperar a qualidade funcional e estrutural com que foi projetado um pavimento, de modo a garantir boas condições de circulação ao longo da sua vida útil. Para cumprir este objetivo, segundo o Manual de Conservação Rodoviária (DNIT, 2005), é possível considerar cinco estratégias diferentes de conservação:

- Conservação de rotina/corrente;
- Conservação periódica;

- Conservação de emergência;
- Reconstrução;
- Melhoramento.

No caso dos dois últimos grupos, quando as respetivas execuções correspondem a volumes relativamente reduzidos, as intervenções podem ser atribuídas às equipas de conservação.

Em Portugal, a manutenção dos pavimentos realizada pela EP, S.A. é efetuada com recurso a dois tipos de ações (EP, S.A., 2012):

- Conservação corrente
- Conservação periódica Estes dois tipos de ações, quando devidamente articuladas, contribuem para o aumento da vida útil da infraestrutura Rodoviária (EP, S.A., 2012).

A estrutura dos serviços de conservação está em geral direcionada não só para aspetos relacionados com os pavimentos, mas também para as condições da via em termos de drenagem, dispositivos de segurança, sinalização horizontal, sinalização vertical, obras de arte especiais, faixa de domínio, prédios e áreas operacionais, veículos e equipamentos utilizados.

3.2.1 Conservação de Rotina/Corrente

Na conservação corrente os trabalhos a realizar no pavimento estendem-se para além do próprio pavimento e englobam a manutenção de bermas, dos sistemas de drenagem e da sinalização. Esta estratégia de conservação prevê, em função da degradação do pavimento, a execução de camadas de impermeabilização, a selagem de fendas e a reparação de covas, ou até mesmo a realização de saneamentos em zonas específicas.

A conservação de rotina/corrente é o conjunto das atividades efetuadas sobre todos os componentes da estrada, tendo em vista promover a sua manutenção, por forma a assegurar a durabilidade e a preservação dos investimentos efetuados, assim como garantir a existência de adequadas condições de exploração rodoviária, promovendo a segurança da circulação e a qualidade de serviço para os seus Clientes (EP, S.A., 2012).

O Quadro 3.1 apresenta os vários tipos de trabalhos de conservação de rotina/corrente.

Quadro 3.1: Trabalhos de conservação de rotina/corrente (Ministério dos Transportes et al, 2005; EP, S.A., 2012)

Trabalhos	Descrição
Selagem de fendas	Consiste no enchimento de fendas presentes num revestimento betuminoso ou pavimento de betão, com material asfáltico, para impedir a penetração de água nas camadas inferiores do pavimento.
Tapagem de covas ou peladas	Consiste em reparar covas ou depressões presentes no revestimento superficial, de modo a evitar danos maiores ao pavimento e obter uma superfície segura e confortável.
Limpeza e enchimento de juntas em pavimentos de betão	Consiste em limpar as juntas dos pavimentos rígidos, vedando-as com material apropriado, permitindo a sua livre dilatação e evitando a penetração de água e materiais estranhos.
Renovação da sinalização horizontal	Consiste na pintura das marcas rodoviárias ao longo do eixo do pavimento, nos bordos ou nas vias de circulação, para manter a orientação visual dos condutores.
Renovação da sinalização vertical	Consiste na reparação, substituição e implantação da sinalização vertical.
Limpeza da estrada e zona adjacente	Consiste em varrer e limpar as vias e bermas, de modo a retirar o material terroso depositado e/ou acumulado naquelas superfícies, por efeito do tráfego ou deficiência da drenagem superficial. Então incluídos nestes serviços, a carga, o transporte e a descarga do material resultante da limpeza.
Limpeza dos órgãos de drenagem	Consiste em garantir o bom escoamento das águas para fora da zona da estrada, aumentando a durabilidade da estrutura dos pavimentos e assegurando as condições de segurança de circulação. A boa preservação dos órgãos, como tampas e outros acessórios, contribui também para a segurança da circulação, tanto de veículos como de pessoas.
Ceifa de vegetação e poda de árvores	Consiste na remoção de vegetação de forma a intervir na área da segurança contra incêndios, na segurança rodoviária, assegurando a visibilidade da sinalização, e na preservação do ambiente rodoviário.

3.2.2 Conservação Periódica

A conservação periódica consiste na definição de um plano estratégico de intervenções de conservação com determinada periodicidade (de 5 em 5, ou de 10 em 10 anos), de modo a prevenir a evolução das degradações. O objetivo principal é a reposição das condições iniciais

de resistência e capacidade de suporte da infraestrutura, correspondendo em muitos casos à reconstrução total ou parcial (EP, S.A., 2012).

A conservação periódica pode ser dividida em intervenções de conservação preventiva ou intervenções de reforço. As intervenções preventivas beneficiam mais o utente e a administração rodoviária, já que consistem na execução de camadas de desgaste delgadas e/ou camadas de reperfilamento transversal ou longitudinal, de modo a diminuir a progressão das degradações, garantindo assim o período de vida útil do pavimento. Por sua vez, a conservação por intervenções de reforço surgem no período de vida residual de um pavimento, no qual já não existe qualquer qualidade funcional e é urgente o reforço estrutural.

No Quadro 3.2 é possível observar trabalhos de conservação periódica.

Quadro 3.2: Trabalhos de conservação periódica (Ministério dos Transportes et al, 2005; EP, S.A., 2012,)

Trabalhos	Descrição
Revestimentos betuminosos superficiais	Consiste na aplicação de um material betuminoso, seguida de aplicação do agregado, que tem como finalidade corrigir a camada superficial desgastada, combater o envelhecimento dos revestimentos ocasionados pela oxidação do ligante, restabelecer a impermeabilização da superfície do pavimento e servir como tratamento antiderrapante.
Lama asfáltica	Consiste na aplicação de uma mistura fluída de agregado de pequenas dimensões, <i>filler</i> , emulsão betuminosa e água, em proporções definidas, com o fim de retardar intervenções profundas de reabilitação, antecedendo a realização de uma interface anti-fendilhamento ou como tratamento prévio de pavimentos fendilhados.
Colocação de revestimento com mistura betuminosa a frio ou a quente	Consiste em colocar uma camada de mistura betuminosa na superfície da via para correção de defeitos do pavimento e correção da secção transversal, de forma a garantir uma condução segura e confortável.
Combate à exsudação	Consiste no espalhamento manual de agregado sobre a zona exsudada. Visa evitar a ocorrência de subida do material betuminoso para a superfície do pavimento, tornando-a lustrosa e escorregadia nos dias chuvosos.
Fresagem	É o processo pelo qual se retira parte das camadas superficiais de um pavimento existente, conferindo-lhe um novo perfil.

Quadro 3.2: Trabalhos de conservação periódica (Ministério dos Transportes et al, 2005; EP, S.A., 2012,)

(Ccontinuação 1)

Reciclagem de pavimentos	Consiste no reaproveitamento de camadas betuminosas deterioradas, as quais, através de processos específicos, são devidamente recuperadas, em termos de granulometria e de teor de ligante betuminoso.
Reconstrução da laje de betão	Consiste em reparar áreas danificadas de pavimentos rígidos para evitar a propagação de defeitos na própria placa e nas placas vizinhas. Inclui a correção de suporte deficiente.
Argamassa Betuminosa	Trata-se de uma mistura concebida essencialmente para executar interfaces retardadoras do processo de propagação de fendas, pertencendo à família das misturas betuminosas a quente. Permite um melhoramento das características da camada de desgaste do pavimento a reabilitar.
Microagloremerado Betuminoso a frio	Consiste na aplicação de uma camada ultra-delgada (com cerca de um centímetro) que melhora o pavimento quanto as suas características superficiais, como a rugosidade e a impermeabilização, prolongando o seu período de vida.
Microbetão Betuminoso Rugoso	Consiste na aplicação de camadas com espessuras reduzidas, realizada a partir das frações 0/2 e 6/10 e ligantes modificados com polímeros, nomeadamente borracha reciclada de pneus, com o objetivo de melhorar as características superficiais. A sua aplicação é ideal em áreas urbanas.

3.2.3 Conservação de Emergência

A conservação de emergência corresponde ao conjunto de operações que visam reparar, repor, reconstruir ou restaurar troços ou estruturas da via que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário, catastrófico, ocasionando a interrupção do tráfego (DNIT, 2005).

3.2.4 Reconstrução

É o conjunto de operações destinadas a restabelecer o perfeito funcionamento de um serviço, e restabelecer, na íntegra, as suas características técnicas originais. Envolve, portanto, um conjunto de medidas destinadas a adaptar a estrada, de forma permanente, às condições de tráfego atuais e futuras, prolongando seu período de vida (DNIT, 2005).

A reconstrução tem a finalidade de conferir ao pavimento existente uma nova capacidade estrutural, a fim de o tornar apto a cumprir um novo ciclo de vida. Trata-se de uma atividade de carácter periódico e que não se inclui no grupo dos trabalhos de conservação.

3.2.5 Melhoria

É o conjunto de operações que acrescentam à via existente, características novas, ou modificam as características existentes (DNIT, 2005).

Esta tarefa compreendem também uma diversidade grande de serviços de complementação e/ou modificação da infraestrutura existente. À semelhança da Reconstrução, trata-se de uma atividade que não se inclui no grupo dos trabalhos de conservação.

3.3 Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários: Selagem/Preenchimento de Fendas e Tapagem de Covas

No âmbito das pequenas reparações de pavimentos rodoviários, e portanto incluído nas operações de conservação corrente/de rotina, serão apresentados um conjunto de considerações e técnicas a ter em conta nas intervenções de selagem/preenchimento de fendas e tapagem de covas.

Cada uma destas técnicas apresenta determinadas características próprias e domínios de aplicação, requerendo a sua aplicação um estudo cuidadoso caso a caso.

3.3.1 Selagem/Preenchimento de Fendas

A necessidade de intervir em um pavimento fendilhado deve ser fundamentada numa avaliação que permita sustentar esta necessidade e determinar o tratamento mais apropriado a aplicar. Tal avaliação requer um levantamento das condições do pavimento existente e um conhecimento dos planos de reabilitação futuros.

3.3.1.1 Avaliação do Estado do Pavimento

Apesar de os engenheiros e técnicos de manutenção estarem bastante familiarizados com as estradas sobre a sua responsabilidade, devem consultar os registos existentes respeitantes à construção dos pavimentos, às manutenções efetuadas anteriormente e outros registos, já que podem fornecer informações relevantes sobre os seguintes aspetos:

- Idade do pavimento
- Constituição do pavimento
- Características geométricas das seções
- Seccionamento da rede

- Volumes de tráfego
- Condições climáticas
- Tipo e extensão dos tratamentos anteriores
- Avaliação do estado pavimento

Segundo o FHWA, (1999), após a recolha e a análise da informação referida anteriormente, deve ser efetuada uma inspeção às vias. Esta inspeção tem como finalidade determinar o tipo, a quantidade e gravidade das fendas, bem como analisar a eficácia dos tratamentos de fendas anteriormente aplicados. O Quadro 3.3 apresenta um exemplo de ficha de inspeção para registo da informação recolhida no campo respeitante às fendas e ao estado do pavimento.

Quadro 3.3: Ficha de inspeção - Pavimento e Fendas (FHWA, 1999)

Ficha de inspeção - Pavimento e Fendas		
<u>Localização e Geometria</u>		
Estrada/Via:	PK/ Secção:	
Número de vias:	Comprimento da secção:	
Largura das vias:	Tipo e largura de berma:	
<u>Projeto, Construção e Reabilitação</u>		
Tipo de Pavimento:		
Ano de Construção:		
Tipo e Ano da Última Reabilitação:		
Futuras Reabilitações Planeadas:		
<u>Clima, Tráfego e Classificação da Estrada</u>		
Precipitação Média Anual (mm):	Constituição do Pavimento	
Nº de Dias Abaixo de 0°C:	Material aplicado na 1ª camada:	Espessura (cm):
Nº de Dias Acima de 38°C:	Material aplicado na 2ª camada:	Espessura (cm):
Classificação Funcional da Estrada:	Material aplicado na 3ª camada:	Espessura (cm):
TMD nos dois sentidos (os dados mais recentes):	Material aplicado na 4ª camada:	Espessura (cm):

Quadro 3.3: Ficha de inspeção - Pavimento e Fendas (FHWA, 1999)
(Continuação1)

<u>Condições do Pavimento</u>	
Fendilhamento	
Tipo principal de Fendilhamento/Orientação:	
Densidade (m/seção de 150m):	Abertura média da fenda (mm):
Deterioração dos bordos das fendas (%):	
Com depressão, alteamento ou escalonamento?	Profundidade/altura média (mm):
Tratamento Anterior? Sim Não	
Tipo de material aplicado?	
Eficácia do tratamento (% do comprimento da fenda sem falhas):	
Outro Tipo de Fendilhamento/Orientação:	
Densidade (m/seção de 150m)	Abertura média das fendas (mm):
Deterioração dos bordos das fendas (%):	
Com depressão, alteamento ou escalonamento?	Profundidade/altura média (mm):
Tratamento Anterior? Sim Não	
Tipo de material aplicado?	
Eficácia do tratamento (% do comprimento da fenda sem falhas):	
<u>Outras degradações</u>	
Tipo:	Densidade:
Tipo:	Densidade:
Tipo:	Densidade:

3.3.1.2 Determinação do Tipo de Manutenção

O tipo de manutenção mais apropriado para os pavimentos que apresentam fendilhamento depende frequentemente da densidade e das condições gerais das fendas. Se as fendas são abundantes e não exibem um elevado grau de deterioração dos bordos, podem ser tratadas através de selagens do tipo *chip* ou com aplicação de lama asfáltica. Se a densidade das fendas é baixa a moderada, com evolução típica para deterioração significativa dos bordos, pode justificar-se o recurso a estratégias de reparação em profundidade, com retirada de material abrangendo parcialmente a profundidade das fendas e reposição de mistura betuminosa, ou reparação localizada. Se as fendas apresentam uma densidade e deterioração dos bordos moderada, tratamentos do tipo selagem ou preenchimento são considerados eficazes.

O Quadro 3.4 apresenta o tipo manutenção a efetuar em função do nível médio de deterioração nos bordos e de uma avaliação geral da densidade das fendas.

Quadro 3.4: Diretrizes para a escolha do tipo de manutenção a aplicar (FHWA, 1999)

Densidade de Fendas	Nível médio de deterioração dos bordos das fendas (em percentagem do comprimento da fenda)		
	Baixo (0 a 25%)	Moderado (26 a 50%)	Alto (51 a 100%)
Baixa	Nenhum	Nenhum ou Tratamento de Fendas	Reparação de fendas
Moderada	Tratamento de Fendas	Tratamento de Fendas	Reparação de Fendas
Alta	Tratamento Superficial	Tratamento Superficial	Reabilitação

Segundo o manual do Department of transportation do Michigan (MDOT, 1999), a densidade de fendas pode ser avaliada através da determinação do comprimento linear de fendas no pavimento por cada 100m de extensão de estrada, conforme apresentado no Quadro 3.5.

Quadro 3.5: Determinação da Densidade de Fendas

Comprimento linear de Fendas no pavimento por cada 100m de extensão de estrada	Densidade
< 10 m	Baixa
10 m a 135 m	Moderada
>135	Alta

As Figuras 3.1 a 3.5 ilustram situações típicas de fendas e potenciais soluções de tratamento a aplicar.



Figura 3.1: Pavimento com fendilhamento de alta densidade, elegível para tratamento superficial (FHWA, 1999)



Figura 3.2: Pavimento elegível para reparação de fendas (FHWA, 1999)



Figura 3.3: Pavimento elegível para selagem de fendas transversais (FHWA, 1999)



Figura 3.4: Pavimento elegível para preenchimento de fendas longitudinais (FHWA, 1999)

Em geral, pavimentos apresentando uma grande quantidade de fendas ou fendas muito deterioradas correspondem a um estado avançado de degradação. Nestes casos, os tratamentos de selagem ou preenchimento de fendas não são economicamente viáveis ou tecnicamente justificáveis, já que pouco retardam a necessidade de recorrer a ações de manutenção mais profundas.

Para definir o tipo de tratamento a aplicar é necessário conhecer a extensão do pavimento afetada com fendilhamento, assim como o tipo e abertura das fendas.

3.3.1.3 Selagem ou Preenchimento de Fendas

Para uma escolha adequada do tratamento a aplicar é essencial entender a distinção entre a selagem e o preenchimento de fendas, assim como os propósitos e as funções de cada um dos tratamentos.

Objetivo da Selagem e do Preenchimento

- Selagem - Consiste na colocação de materiais de tratamento especiais, com determinada configuração de aplicação, sobre ou dentro de fendas ativas, com o objetivo de evitar a entrada de água e finos nas fendas.
- Preenchimento - Consiste na colocação de materiais de tratamento comuns em fendas não ativas de forma a reduzir substancialmente a entrada de água e reforçar o pavimento adjacente.

Um dos critérios usados para classificar as fendas como ativas, segundo o FHWA (1999) é a verificação de movimento horizontal (abertura das fendas) superior a 3mm por ano. Em geral, as fendas ativas ou não ativas podem ser identificadas através do tipo de fenda, isto é: As fendas ativas são normalmente fendas com orientação transversal, no entanto, algumas fendas longitudinais e diagonais podem verificar o critério dos 3mm; As fendas não ativas são tipicamente fendas do tipo diagonal, a maioria das fendas longitudinais e algumas fendas do fendilhamento em bloco.

Tendo em conta as funções de cada tratamento, as operações de selagem de fendas são significativamente mais difíceis de realizar do que as de preenchimento de fendas. A selagem requer mais cuidados na sua realização, maiores recursos financeiros, a utilização de materiais especialmente formulados para o efeito e equipamento mais sofisticado. Os materiais a utilizar neste tipo de tratamento devem aderir às paredes laterais da fenda e acompanhar o movimento de abertura e fecho da fenda.

Selagem ou Preenchimento

A selagem de fendas é uma atividade de manutenção preventiva. Idealmente deve ser realizada logo após se ter atingido o desenvolvimento total das fendas ativas, no entanto, antes do fenómeno afetar uma determinada extensão, e numa altura do ano em que as temperaturas são moderadamente frias (7 a 18 ° C), como as que ocorrem na primavera e no outono. Quando o tratamento de selagem é aplicado numa fase inicial do fendilhamento, antes do aparecimento de fendas secundárias e da desagregação do material dos bordos, os efeitos negativos provocados pela evolução do fendilhamento são minimizados, melhorando o desempenho da selagem.

Normalmente as fendas térmicas transversais surgem em pavimentos flexíveis com idades entre 2 a 7 anos, enquanto que as fendas de reflexão transversais surgem 1 a 3 anos após a aplicação de um reforço da camada de desgaste.

A realização de selagens com temperaturas moderadamente frias é benéfico porque:

- As fendas estão parcialmente abertas permitindo a entrada do material de selagem em situações em que não se preveja o corte da fenda;
- A abertura do canal da fenda, seja ou não previsto o corte da mesma, situa-se sensivelmente a meio da zona de trabalho da fenda (a meio da variação horizontal da abertura da fenda). Este aspeto torna-se importante do ponto de vista do desempenho do material selante, já que para o caso descrito não terá que suportar extensões ou contrações excessivas.

No que diz respeito ao preenchimento de fendas, a maioria das operações deste tipo podem ser realizadas durante todo o ano, no entanto, elas ocorrem frequentemente durante as épocas do ano em que as temperaturas são frias ou moderadamente frias (2 a 13°C). A estas temperaturas, as fendas estão praticamente ou mesmo completamente abertas, o que permite a aplicação de uma maior quantidade de material.

As operações de preenchimento de fendas podem ser de carácter preventivo ou de rotina, dependendo da abordagem de tratamento de fendas adotada pelas entidades que gerem as redes rodoviárias. As operações de preenchimento de fendas de carácter preventivo devem ser realizadas logo após se atingir o desenvolvimento total das fendas não ativas, no entanto, antes do fenómeno atingir uma determinada extensão. Dependendo do tipo de fendas a serem preenchidas, estas operações podem ocorrer a partir dos 4 a 8 anos após a construção ou reforço da camada de desgaste do pavimento. Devem ser usados materiais de preenchimento duráveis, para reduzir o número de aplicações sucessivas. O preenchimento das fendas logo após o seu desenvolvimento total retarda a evolução o fenómeno do fendilhamento.

A maioria das operações de preenchimento de fendas tem sido realizada de forma rotineira, no âmbito da manutenção de rotina, com materiais inadequados que oferecem um menor desempenho do que o desejável. Desta forma, o preenchimento de fendas raramente é economicamente rentável, porque o desempenho do tratamento é geralmente baixo e os custos de manutenção associados são elevados. Além disso, a segurança dos trabalhadores e dos utentes das estradas fica comprometida, visto que as operações de preenchimento necessitam de ser repetidas frequentemente.

No Quadro 3.6 são apresentados o conjunto de critérios considerados pela FHWA para escolha do tipo de tratamento de fendas a adotar.

Quadro 3.6: Critérios para a escolha do tratamento a aplicar nas fendas: selagem ou preenchimento (FHWA, 1999; TxDOT, 2006)

Características das Fendas	Tratamento a aplicar nas Fendas	
	Selagem de Fendas	Preenchimento de Fendas
Abertura (mm)	5 a 19	5 a 25
Deterioração dos bordos (ex: desagregação, fendas secundárias)	Nenhuma a Mínima (<25 % do comprimento da fenda)	Nenhuma a Moderada (<50 % do comprimento da fenda)
Movimento horizontal anual (mm)	≥ 3	< 3
Tipo de Fenda	Fendas Térmicas Transversais Fendas de Reflexão Transversais Fendas de Reflexão Longitudinais Fendas Longitudinais coincidentes com <i>Cold-Joint</i> *	Fendas de Reflexão Longitudinais Fendas Longitudinais coincidentes com " Cold- Joint" Fendas longitudinais nas bermas Fendas do fendilhamento em bloco
* Cold-Joint/Juntas de construção "frias": são criadas quando a aplicação do material de pavimentação da primeira via arrefece antes da aplicação do material de pavimentação da via adjacente.		

Para facilitar a escolha do tratamento a adotar, o MDOT (1999) desenvolveu também uma abordagem para apoio à decisão, neste caso baseada em fluxogramas. Os tratamentos de fendas considerados vão desde o recurso à selagem, ao preenchimento das fendas, à realização de tratamentos superficiais, até à reparação em profundidade ou reabilitação do pavimento. As Figuras 3.5 a 3.7 apresentam os fluxogramas usados neste departamento de transportes norte-americano.

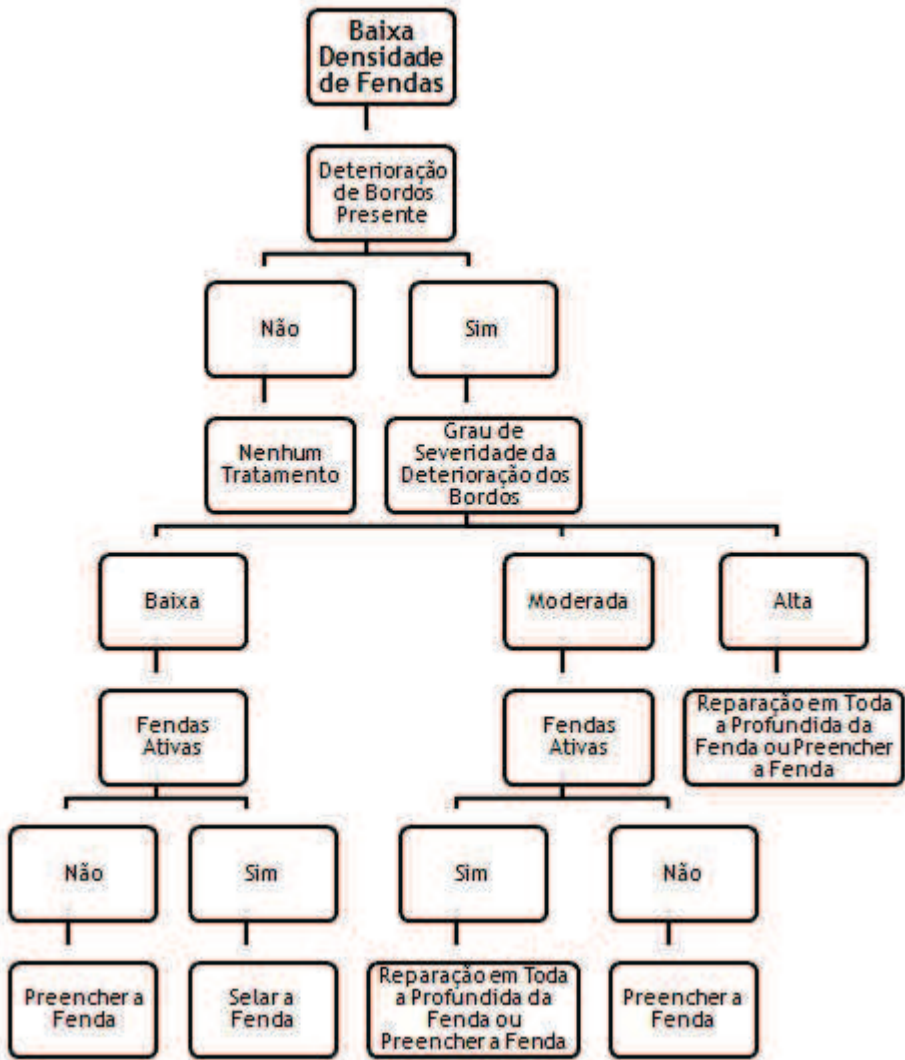


Figura 3.5: Tratamento adequado para pavimentos com moderada densidade de fendas (MDOT, 1999)

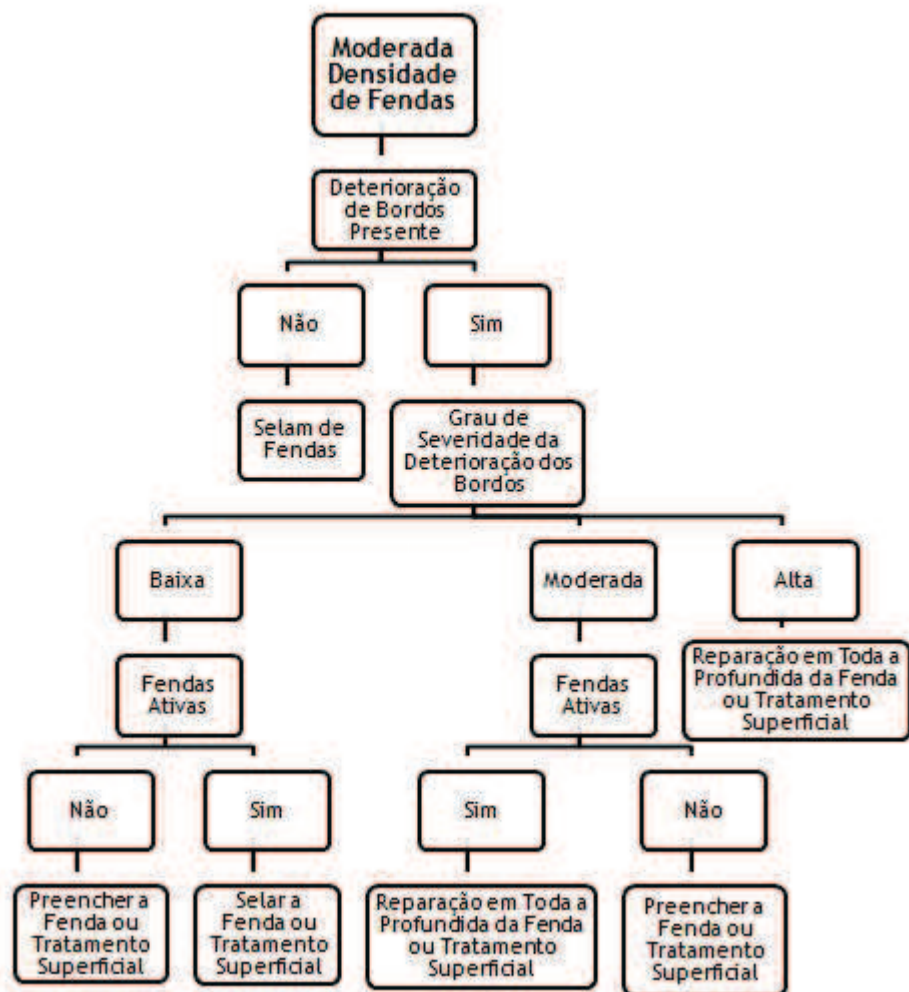


Figura 3.6: Tratamento adequado para pavimentos com moderada densidade de fendas (MDOT, 1999)

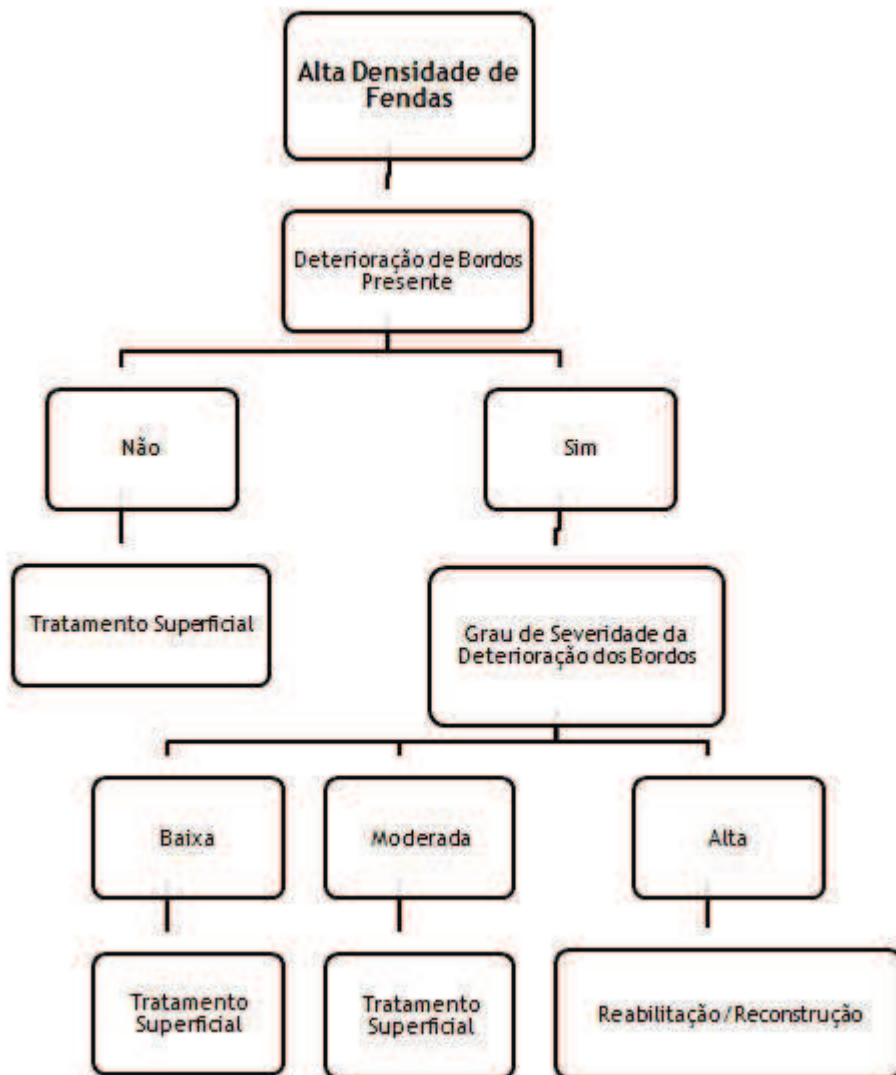


Figura 3.7: Tratamento adequado para pavimentos com alta densidade de fendas (MDOT, 1999)

3.3.1.4 Planeamento da Reparação

Considerações Gerais

Os seguintes fatores devem ser considerados no planeamento das operações de selagem e preenchimento de fendas:

- Condições climáticas:
 - No momento da aplicação do tratamento
 - Em geral.
- Classificação da estrada
- Volume de tráfego e percentagem de veículos pesados
- Características e densidade das fendas
- Materiais
- Configurações de colocação do material
- Procedimentos e equipamento
- Segurança

As condições climáticas específicas do local, durante as operações de tratamento, podem influenciar os procedimentos ou materiais a serem usados. Por exemplo, em áreas em que a humidade ou temperaturas baixas influenciam a programação dos trabalhos, a utilização de um de equipamentos que permita o aquecimento e limpeza da zona das fendas (projeção de ar quente) podem acelerar a realização deste tipo de operações e garantir a aplicação adequada do selante (condições de aderência).

As condições climáticas globais também devem ser consideradas na decisão sobre quais os materiais e os procedimentos que devem a ser utilizados. Nos climas quentes devem ser empregues materiais cuja viscosidade não se altere de forma significativa a altas temperaturas. Por outro lado, em climas muito frios devem ser empregues materiais que mantenham uma boa flexibilidade a baixas temperaturas.

A classificação da estrada e as características do tráfego também são muito importantes, essencialmente sobre dois pontos de vista:

- A geometria da estrada e os níveis de tráfego podem ser tais que a segurança global durante a reparação pode estar altamente comprometida. A aplicação de tratamentos mais duradouros reduz o número de aplicações subsequentes, o que permite reduzir o número de intervenções e conseqüentemente aumentar a segurança.
- Se prevê a colocação do material com a configuração “*overband*” é necessário considerar a quantidade de tráfego esperada que circulará sobre a banda. Para volumes de tráfego médios a elevados (tráfego médio diário > 5.000 veículos / dia) ou em estradas em que operem limpa-neves, o material a aplicar deve ser o mais durável possível (sem deixar de ser flexível).

As características das fendas, tais como a abertura, o movimento e a deterioração dos bordos, também irão influenciar a escolha dos materiais e procedimentos a adotar. Algumas destas características, juntamente com a densidade das fendas, são necessárias para calcular a quantidade de material necessário para as operações de manutenção previstas no projeto.

A seleção do material apropriado, da configuração de colocação e dos procedimentos e equipamentos a utilizar é baseada nas condições existentes e futuras da estrada.

Seleção do Selante ou do Material de Preenchimento

Existem no mercado uma variedade significativa de produtos direcionados para o tratamento das fendas, cada um com características distintas. Os produtos são compostos essencialmente por três famílias de materiais, sendo agrupados por tipo de material, composição e processo de fabrico. As principais famílias de materiais e tipos são:

- Material betuminoso termoplástico aplicado a frio
 - Emulsões betuminosas
 - Betumes modificados com polímeros
- Material betuminoso termoplástico aplicado a quente
 - Cimento asfáltico
 - Betume asfáltico modificado com fibras
 - Betume-borracha
 - Betume-borracha de baixo módulo
- Materias termo-endurecidos com cura química
 - Silicone autonivelante

O FHWA (1999) exclui desta lista a utilização de materiais como o betume fluidificado, as misturas asfálticas com material mineral fino do tipo filler (pedra, cal, pó de cinzas volantes), isto é, mástiques betuminosos, e as argamassas betuminosas. Essa exclusão deve-se, no caso dos betumes fluidificados aos riscos ambientais que lhes estão associados, aos mástiques betuminosos devido a fraca relação custo-benefício e no caso das argamassas betuminosas porque são considerados materiais para reparação de fendas.

De entre os materiais termoplásticos betuminosos, o cimento asfáltico e as emulsões betuminosas possuem pouca ou nenhuma flexibilidade e são muito sensíveis às variações de temperatura. Assim, a sua aplicação é essencialmente recomendada para o preenchimento de fendas não ativas. De forma similar, como as fibras promovem uma elasticidade mínima da mistura e não afetam significativamente a suscetibilidade da mesma à temperatura, os betumes asfálticos modificados com fibras são mais apropriados para operações de preenchimento de fendas.

A adição de polímeros de borracha aos betumes fabricados a quente ou às emulsões betuminosas permite melhorar o desempenho na sua aplicação, já que confere uma maior flexibilidade ao betume. O grau de flexibilidade do betume depende basicamente do tipo e da natureza do betume, da percentagem de borracha vulcanizada utilizada e do processo de incorporação da borracha no betume (isto é, misturada ou fundida no betume). Outros polímeros podem ser também incorporados no betume, de uma forma individual ou em conjunto com a borracha, tendo essencialmente como objetivo aumentar a resiliência.

Os materiais termoendurecíveis são compostos por um ou dois componentes cuja cura ocorre por reação química, passando do estado líquido para o estado sólido. Este tipo de material começou a ser aplicado em pavimentos flexíveis a relativamente poucos anos. No que respeita ao selante de silicone autonivelante, é constituído por apenas um componente aplicado a frio que não requer ferramentas especiais para a sua colocação.

O primeiro passo para a escolha adequada do material a aplicar é a identificação das principais propriedades que deve possuir esse material para ser colocado de forma eficiente e para apresentar um bom desempenho perante as condições previstas e durante o tempo desejado. As principais propriedades que devem ser avaliadas para suportar a escolha de um determinado material são:

- Tempo de preparação reduzido
- Rapidez e facilidade de aplicação (boa trabalhabilidade)
- Tempo de cura reduzido
- Aderência
- Coesão
- Resistência ao amolecimento e à escorrência
- Flexibilidade
- Elasticidade
- Resistência ao envelhecimento e as condições atmosféricas
- Resistência à abrasão

O Quadro 3.6 apresenta as propriedades mais relevantes, de entre as mencionadas acima, para cada um dos tipos de materiais descritos. Este Quadro apresenta ainda o tipo de tratamento em que é recomendada a aplicação de cada material.

Quadro 3.7: Propriedades e aplicações recomendadas para vários tipos de materiais de selagem e preenchimento de fendas (adaptado de FHWA, 1999).

Propriedades	Tipo de Material						
	Emulsões betuminosas	Cimento Asfáltico	Betume modificado com fibras	Betumes modificados com polímeros	Betume-borracha	Betume-borracha de baixo modulo	Silicone autonivelante
Tempo de reparação reduzido	*			*		**	**
Rapidez e facilidade de aplicação	*	**	**	*	**		
Tempo de cura reduzido		**	**		**	*	*
Aderência	**	**	*	*	*	*	*
Coesão					**	*	*
Resistência ao amolecimento e à escorrência				*	**	**	**
Flexibilidade				*	**	**	**
Elasticidade				*	*	**	**
Resistência a envelhecimento e às condições atmosféricas					*	**	**
Resistência à abrasão					*		
Aplicação recomendada	Preenchimento	Preenchimento	Preenchimento	Preenchimento	Selagem	Selagem	Selagem

* *Aplicável*

** *Muito Aplicável*

Como pode ser observado, a associação das propriedades da borracha incorporada em alguns materiais torna-os uma boa opção para a selagem de fendas ativas, enquanto que a preparação e as propriedades de instalação das emulsões betuminosas e do cimento asfáltico torna-os desejáveis para o preenchimento de fendas.




Seleção da Configuração de Colocação

Os selantes e os materiais de preenchimento podem ser colocados no tratamento de fendas apresentando várias configurações, sendo as mais comuns as apresentadas no Quadro 3.7.

Estas configurações de colocação podem ser agrupadas, segundo Cook et al, (1991) e mantendo a terminologia inglesa, em quatro categorias:

- *Flush fill*
- *Reservoir*
- *Overband*
- *Combination (reservoir and overband)*

Quadro 3.8: Configurações padrão para o preenchimento e selagem de fendas
(adaptado de FHWA, 1999; MDOT, 1999)

Configuração de colocação	Esquema	Descrição
Configurações para preenchimento de fendas		
<i>Flush fill</i>		Na configuração de flush fill, o material é simplesmente aplicada na fenda existente sem cortes e o excesso de material é retirado.
<i>Overband</i>	<i>Simple overband</i> 	Numa configuração overband, o material é colocado dentro da fenda sem corte. Se o material sobre a fenda é moldado dentro de uma faixa com um rodo, tem-se uma configuração em banda simples. Se o material sobre a fenda não sofre qualquer tipo moldagem, obtém-se a configuração em chapéu (capped).
	<i>Capped</i> 	



Quadro 3.8: Configurações padrão para o preenchimento e selagem de fendas
 (adaptado de FHWA, 1999; MDOT, 1999)

(Continuação1)

Configurações para selagem de fendas		
Reservoir	Flush	<p>Numa configuração de reservóir, o material é colocado apenas dentro dos limites da fenda após efetuado o corte (isto é, no reservatório). O material é colocado em nível ou ligeiramente abaixo da superfície do pavimento.</p>
	Recessed	

Quadro 3.8: Configurações padrão para o preenchimento e selagem de fendas (adaptado de FHWA, 1999; MDOT, 1999)

(Continuação2)

Combination		<p>Uma configuração de <i>Combination</i> é constituída por material colocado dentro e sobre a fenda após efetuado o corte. Com auxílio de um rodo, o material colocado é moldado até formar uma banda centrada sobre o reservatório da fenda.</p>
	<p>Shallow</p> 	

As configurações, de forma individual, baseiam-se em quatro variáveis de controlo (FHWA, 1999):

- Tipo de aplicação
 - Material aplicado diretamente no canal de fenda;
 - Material colocado na parte inferior do reservatório da fenda antes da aplicação do material preenchimento/selagem, a fim de prevenir a adesão do material aos três lados do reservatório (isto é, colocação de um material de ligação na parte inferior do reservatório e nas paredes laterais - *Bond-Breaker*).
- Tipo de canal da fenda
 - Sem corte;
 - Com corte efetuado com serra ou serra rotativa, para criação de um reservatório de fenda uniforme.
- Características do acabamento
 - Embutido;
 - Nivelado;
 - *Capped*;
 - Com adição de uma banda.
- Dimensões do reservatório da fenda e da *overband*.

Quase todas as operações de selagem e preenchimento consideram a aplicação direta do material no canal de fenda. Ocasionalmente é usado um material de ligação - *bond-breaker* - ou uma espuma de polietileno como corpo de apoio, colocado na parte inferior do reservatório das fendas ativas, antes da aplicação do selante. O corpo de apoio evita a passagem do material selante para dentro da fenda durante a sua aplicação, assim como a ligação do selante às paredes e ao fundo do reservatório, aumentando o desempenho do selante.

A forma final do selante, especialmente em configurações de reservatório, também influencia o desempenho do selante. Trata-se de uma das variáveis mais importantes do projeto, tratada em geral em termos de fator de forma. O fator de forma é definido como a proporção entre a largura e a profundidade do selante (Peterson, 1982). Em aplicações diretas, o fator de forma é controlado unicamente pela operação de corte da fenda (isto é, largura e profundidade de corte). Nas aplicações com corpo de apoio, o fator de forma é controlado tanto pela operação de corte como pela profundidade a que é colocado o corpo de apoio.

As recomendações atuais do fator de forma para as aplicações diretas ou com materiais de ligação - *bond-breaker* - apontam para a adoção de fatores de 1 para aplicações de betume-borracha e de 2 para selantes de silicone. Selos com fatores de forma menores apresentam um risco maior de perda de aderência, enquanto que selos com fatores de forma mais elevados exibem um aumento da resistência à perda de adesão.

Aplicação de materiais de ligação do tipo *bond-breaker* deve ser considerada apenas quando se verificarem os seguintes fatores:

- Os custos previstos na instalação de um corpo de apoio são menores do que os custos dos benefícios associados ao melhor desempenho.
- As fendas ativas são relativamente verticais e com muito pouca deterioração dos bordos.

Os selantes de betume modificado com borracha aplicados a quente são recomendados para aplicações diretas, não se justificando para estes materiais a utilização de um corpo de apoio, já que provoca um aumento dos custos não justificável em termos de desempenho. O silicone é talvez o único material recomendado para a colocação com o corpo de apoio.

Para o caso das fendas sinuosas (não verticais), que são muitas vezes difíceis de acompanhar com precisão com os equipamentos de corte disponíveis, o corte pode falhar partes da fenda, resultando em dois canais adjacentes. Esta situação levanta o seguinte dilema: deve-se selar a parte cortada da fenda e a parte não cortada, ou deve-se efetuar um corte a acompanhar o resto da fenda e selar ambos os reservatórios? Um dilema semelhante se levanta no que

respeita às fendas secundárias que se formam ao longo da fenda principal, no entanto, muitas das serras e serras rotativas disponíveis permitem controlar a variação da profundidade de corte e a configuração da largura.

O corpo de apoio pode também ser colocado em reservatórios profundos (25 a 38 mm) a uma profundidade que permita obter o fator de forma desejado. Esta profundidade varia normalmente entre os 12 e 19 mm. O corpo de apoio deve ser cerca de 25% mais largo do que a abertura do reservatório da fenda, para manter a sua posição vertical e proporcionar uma forma adequada ao material.

No que toca às soluções em banda, as dimensões típicas de uma banda são de 75-125 mm de largura e 3-6 mm de espessura. A configuração de adição de material com banda simples surgiu para tornar a aplicação mais rápida e fácil, eliminando as operações de corte de fenda. A configuração adição de material com banda rebaixada foi concebida para melhorar o desempenho das configurações do tipo reservatório, através da adição de uma banda como superfície de desgaste.

Procedimentos

O tratamento de fendas consiste num procedimento que engloba pelo menos dois a cinco passos, dependendo do tipo de tratamento (selagem ou preenchimento), da política de tratamento e dos equipamentos disponíveis. Segundo o FHWA (1999) e o MDOT (1999) esses passos incluem:

- Corte da fenda (apenas para tratamentos de selagem);
- Limpeza e secagem da fenda (para tratamentos de selagem e preenchimento)
- Preparação do material e aplicação (para tratamentos de selagem e preenchimento)
- Material de acabamento / modelagem (possível nos dois tipos de tratamento)
- Espalhamento de um material de cobertura em situações em que a estrada é aberta ao tráfego antes da cura do material usado no tratamento (possível nos dois tipos de tratamento).

3.3.2 Tapagem de Covas

3.3.2.1 Necessidade do Tratamento

As covas surgem em geral em pavimentos flexíveis sujeitos a um vasto espectro de níveis de tráfego, podendo ocorrer quer em estradas rurais como em entradas multivias (com perfil de autoestrada).

Qualquer órgão responsável pela gestão dos pavimentos de uma rede rodoviária tem a seu cargo operações de tapagem de covas. Esta operação é realizada tanto no âmbito da manutenção de emergência como na manutenção de rotina, normalmente programada para os períodos mais quentes e secos do ano. As operações de tapagem de covas podem ser

realizadas durante condições meteorológicas que podem variar entre as verificadas em dias de primavera e dias de inverno rigoroso, abrangendo um intervalo de temperaturas entre os menos 18 ° C e 38°C positivos.

3.3.2.2 Necessidade de Tapagem de Covas

A decisão de proceder a operações de tapagem de covas é influenciada pelos seguintes fatores:

- O volume de tráfego;
- O tempo até à próxima reabilitação programada;
- A disponibilidade de equipamentos, de materiais e de operários;
- A tolerância dos utentes que circulam na via;

Na maioria dos casos, os utentes são da opinião de que todas as covas devem ser reparadas imediatamente, formando uma opinião negativa da entidade gestora da rede caso isso não aconteça.

As covas são geralmente causadas por:

- Condições hídricas desfavoráveis (drenagem deficiente);
- Ciclos de gelo-degelo;
- Tráfego;
- Deficiente capacidade de suporte da fundação ou defeito localizado nas camadas de desgaste ou base;
- Combinações dos fatores anteriores.

A reparação das covas deve ser efetuada sempre que as mesmas coloquem em causa a segurança dos utentes e as condições de circulação dos veículos.

As operações de tapagem de covas podem ser repartidas por dois períodos temporais distintos: no inverno, quando as temperaturas são baixas, e na primavera, quando as temperaturas são mais moderadas, ambos correspondendo a condições hídricas mais desfavoráveis. As condições climáticas podem também afetar a segurança e as condições de circulação para zonas da estrada com presença de covas, pelo que este aspeto deve ser considerado na escolha do período de intervenção mais adequado para a realização das reparações.

3.3.2.3 Planeamento da Reparação

Os principais elementos a considerar nas operações de tapagem de covas para a obtenção de uma reparação de qualidade são: a seleção dos materiais e os procedimentos de reparo. Para

cada um desses dois fatores, a combinação da relação custo-eficácia da operação global de tapagem será afetada pelos custos de equipamento, de material e de mão-de-obra.

Materiais

Segundo a FHWA (1999), a maioria das operações de tapagem de covas são efetuadas com recurso a três tipos de misturas betuminosas fabricadas a frio. A primeira delas é uma mistura fria produzida por uma central betuminosa local, utilizando o agregados e ligante disponíveis, geralmente sem controlo da compatibilidade dos materiais utilizados na mistura nem do desempenho.

O segundo tipo é uma mistura fabricada a frio produzida de acordo com as especificações estabelecidas pela entidade gestora da rede. As especificações incluem normalmente os tipos de agregados aceitáveis e o tipo de betume a utilizar, bem como os critérios de aceitação para a compra do material. O agregado e o betume são normalmente testados para verificação da compatibilidade dos materiais.

O terceiro tipo é uma mistura fabricada a frio patenteada, produzida numa central betuminosa local a partir de uma determinada formulação. Estas misturas são produzidas por empresas que testam o agregado local, formulam a mistura e monitorizam a produção, para garantir a qualidade do produto.

Técnicas de reparação

Uma das técnicas mais usadas na tapagem de covas é o designado por *throw-and-go*. Embora não seja considerada a melhor forma de tapagem de covas, é o método mais utilizado devido à sua elevada taxa de produção. Uma alternativa que pode ser considerada superior ao tradicional *throw-and-go* é a técnica *throw-and-roll* (“atirar e compactar”), em que a mistura é sujeita a uma compactação ligeira.

Outra técnica de reparação amplamente usada é o procedimento de reparação designado por *semi-permanent*. Trata-se de um procedimento mais cuidado para a tapagem de covas, tendo como resultado um aumento do desempenho da reparação, já que é melhorado o apoio subjacente e envolvente da reparação. No entanto aumenta o custo da operação de tapagem de covas.

Também são usados dispositivos do tipo *spray-injection*. Esta técnica tem custos associados aos equipamentos necessários mais elevados do que os outros métodos, no entanto apresenta uma elevada taxa de produtividade e reduz os custos com o material.

Existe ainda o método *edge seal*. Este método requer uma segunda visita à zona de reparação, mas pode melhorar o desempenho da reparação em pavimentos mais velhos e com uma grande quantidade de fendas.

Os Quadro 3.9 apresenta algumas considerações sobre os procedimentos a seguir na Técnica Throw-and-roll.

Quadro 3.9: Técnica Throw-and-roll para tapagem de covas

Técnica Throw-and-roll	
Procedimento	Imagens exemplificativas
<p>1. Colocar o material na cova (ver imagem a)).</p> <p>2. Compactar o remendo usando os pneus de um veículo pesado (ver imagem b)).</p> <p>3. Verificar se o remendo compactado apresenta uma elevação em relação à superfície do pavimento entre 3 e 6 mm (evita problemas de drenagem superficial).</p> <p>4. Avançar para o local da próxima reparação.</p> <p>5. Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e os equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.</p>	 <p>a) Colocação da mistura (FHWA, 1999)</p>  <p>b) Compactação da mistura (FHWA, 1999)</p>

Os Quadro 3.10 apresenta algumas considerações sobre os procedimentos a seguir na Técnica Semi-Permanent.

Quadro 3.10: Técnicas Semi-Permanent para tapagem de covas

Técnica Semi-Permanent	
Procedimento	Imagens exemplificativas
<p>É considerado uma das melhores técnicas para a reparação de covas, consistindo na remoção do material afetado em toda a profundidade da cova e substituição do mesmo.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Retirar a água e os detritos presentes na cova. 2. Corte da secção de reparação numa forma retangular, (ver imagens a) e b). 3. Colocar a mistura betuminosa. 4. Compactar com um dispositivo com menor área do que área de reparação (ver imagens c) e d)). 5. Abrir a secção reparada ao tráfego assim que os trabalhadores e os equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras. <p>Trata-se de um procedimento de reparação que oferece uma área sólida para a realização da compactação, resultando em reparações muito bem compactadas. No entanto, requer mais trabalhadores e equipamentos e tem uma taxa de produtividade inferior tanto à do método spray-injection como à do throw-and-roll.</p>	 <p>a) Corte da Secção (FHWA, 1999)</p>
	 <p>b) Corte da Secção (FHWA, 1999)</p>
	 <p>c) Compactação da mistura (FHWA, 1999)</p>
	 <p>d) Compactação da mistura (FHWA, 1999)</p>

Os Quadro 3.11 apresenta algumas considerações sobre os procedimentos a seguir na Técnica Spary-Injection.

Quadro 3.11: Técnicas Spray-Injection para tapagem de cova

Técnica Spray-Injection	
Procedimento	Imagens exemplificativas
<p>1. Retirar com compressor de ar comprimido a água e detritos presentes no interior da cova</p> <p>2. Borriflar um revestimento de aderência nas paredes laterais e no fundo da cova</p> <p>3. Injetar o betume e agregado para a cova.</p> <p>4. Cobrir a área remendada com uma camada de agregado</p> <p>5. Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e os equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.</p> <p>Este procedimento não requer compactação após a colocação do agregado de cobertura. As figuras a e b ilustram os dois tipos principais de dispositivos de <i>spray-injection</i> disponíveis. O primeiro (figura a) é constituído por uma unidade de reboque atrelado ao um camião que transporta o agregado.</p> <p>A segunda (Figura b) é constituída por uma unidade com agregados, um tanque de ligante aquecido e uma unidade de distribuição, todos contidos num único veículo.</p>	 <p style="text-align: center;"><i>a) Dispositivo de spray-injection (FHWA, 1999)</i></p>  <p style="text-align: center;"><i>b) Dispositivo de spray-injection (FHWA, 1999)</i></p>

Os Quadro 3.12 apresenta algumas considerações sobre os procedimentos a seguir na Técnica Edge Seal.

Quadro 3.12: Técnicas Edge Seal para tapagem de covas

Técnica Edge Seal	
Procedimento	Imagens exemplificativas
<p>1. Colocar o material na cova, como é mostrado na figura a.</p> <p>2. Compactar o remendo usando os pneus de um veículo pesado, como mostrado na figura b.</p> <p>3. Verificar se o remendo compactado apresenta uma elevação em relação à superfície do pavimento entre 3 e 6 mm (evita problemas de drenagem superficial).</p> <p>4. Avançar para o local da próxima reparação.</p> <p>5. Assim que a secção reparada esteja seca, colocar uma fita de material asfáltico aderente por cima do bordo do remendo.</p> <p>6. Depositar uma camada de areia sobre o material aderente para evitar arrasto por parte dos pneus dos veículos.</p> <p>7. Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.</p> <p>Este procedimento pode exigir uma segunda visita da equipa de manutenção à secção reparada para permitir que a água seque antes da colocação do material aderente. Embora esta operação não reduza a produtividade do processo, a colocação do material de aderente impede que a água entre através dos bordos do remendo.</p>	 <p><i>a) Colocação da mistura (FHWA, 1999)</i></p>  <p><i>b) Compactação da mistura (FHWA, 1999)</i></p>

3.3.2.4 Reparação

As operações de tapagem de covas são normalmente realizadas quando as covas se desenvolvem em vários locais ao longo de uma área de manutenção. A maioria das operações de tapagem de covas têm como objetivo diminuir o desconforto e restaurar a circulação do tráfego o mais rapidamente possível.

Controlo do tráfego

Sempre que qualquer operação tapagem de covas é realizada, deve existir um controle de tráfego adequado, de forma a garantir um ambiente de trabalho seguro quer para a equipa de manutenção, quer para os utentes da estrada. As operações de controlo de tráfego deve perturbar o fluxo de tráfego tão pouco quanto possível.

Segurança

As preocupações de segurança não estão limitadas ao controlo do tráfego, há também que ter em conta os cuidados de segurança associados à utilizar dos materiais e dos equipamentos de reparação, principalmente no manuseamento e armazenamento das misturas a frio e na utilização dos dispositivos de *spray-injection*.

Reparações efetuadas no Inverno

Os agregados utilizados para condições de tapagem de covas no inverno devem ser de alta qualidade, britados e com poucos finos. Os ligantes devem ser emulsões betuminosas com pelo menos um aditivo que evite a separação dos componentes da mistura (aumento da adesão betume-agregado). A mistura deve ser utilizável a baixas temperaturas, permitindo um manuseamento e compactação adequados. É altamente provável que cova contenha água, pelo que o aditivo referido é crucial.

A tapagem de covas em condições de inverno não permitem em geral, por falta de tempo disponível, a utilização da técnica *semi-permanent*. O aumento do tempo necessário para a tapagem das covas reduz a produtividade da operação e aumenta o tempo de exposição da equipa de trabalho ao tráfego.

A adoção da técnica *throw-and-roll* com aplicação de um material de alta qualidade torna-se um meio rentável de tapagem de covas no inverno. É extremamente importante que o material utilizado seja de alta qualidade e que seja compactado pelos pneus de um veículo pesado. Deixar que o tráfego compacte a mistura colocada na reparação irá resultar em falhas prematuras da reparação.

As reparações efetuadas no inverno têm uma esperança de vida mais curta do que reparações efetuadas na primavera.

Reparações efetuadas na Primavera

À semelhança das recomendações apresentadas para as reparações efetuadas no inverno, também na primavera devem ser usados agregados britados de alta qualidade com percentagens baixas de finos e ligantes do tipo emulsões betuminosas. A utilização de aditivos para melhorar a adesão betume-agregado são também aconselháveis. No entanto, as misturas podem ser de cura mais lenta em relação às usadas no inverno, uma vez que as temperaturas mais elevadas permitem uma evaporação mais rápida.

A escolha de materiais para reparações a efetuar na primavera deve ser efetuada com base na sua relação custo-benefício. No entanto, mesmo quando o cálculo da relação custo-benefício indique a superioridade de um material em relação a outro, a experiência da equipa de manutenção deve ser tida em conta.

Qualquer material aceitável para reparações no inverno é em geral aceitável para reparações a efetuar na primavera. No entanto, os efeitos de terem sido armazenados durante o inverno e as diferenças de trabalhabilidade devidas às faixas de temperatura mais amplas devem ser considerados. Os materiais que são viáveis a temperaturas muito baixas tendem a apresentar uma consistência muito viscosa e dificuldades de aplicação a temperaturas mais elevadas.

As reparações realizadas na primavera podem recorrer às técnicas *spray injection*, *throw-and-roll*, *semi-permanent* e *edge seal*.

A relação custo-eficácia e a disponibilidade de equipamentos e trabalhadores devem ser os critérios mais importantes na escolha da técnica a adotar. Como a técnica *semi-permanent* exige uma quantidade maior de equipamentos e trabalhadores e a técnica *edge seal* uma segunda visita a área de reparação, estes procedimentos podem ser impraticável em alguns casos.

Capítulo 4

Fichas para Pequenas Reparações

Com base nos objetivos definidos para este trabalho, apresentam-se neste capítulo um conjunto de fichas com a descrição dos procedimentos a seguir na realização de pequenas reparações de pavimentos rodoviários, do tipo selagem/preenchimento de fendas e tapagem de covas, com o fim de potenciar um bom desempenho futuro das zonas reparadas.

A elaboração deste conjunto de fichas de reparações tem em conta a bibliográfica consultada, nomeadamente: Manual Prático de Operações Tapa Buracos [Prefeitura Belo Horizonte, 2011], Manual of Practice (FHWA, 1999), Manutenção e Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários (Santos, 2012), Manuals of Practice (SHRP, 1994), Field Manual for Crack Sealing Asphalt Pavements (TxDOT, 2006), Sealing and Filling of Cracks for Bituminous Concrete Pavements (MDOT, 2006), Pavement Maintenance Manual (NDOR, 2002).

4.1. Fendas: Critérios para a escolha do tratamento mais adequado

Com base nos quadros FHWA e TxDOT e nos fluxogramas MDOT preparou uma quadro de apoio à decisão sobre a escolha do tratamento a aplicar nas situações de fendilhamento.

Quadro 4.1: Quadro de apoio a decisão tratamento

Comprimento linear de Fendas no pavimento por cada 100m de extensão de estrada	Densidade de Fendas	Nível médio de deterioração dos bordos das fendas (em percentagem do comprimento da fenda)		
		Baixo (0 a 25%)	Moderado (26 a 50%)	Alto (51 a 100%)
< 10 m	Baixa	Nenhum	Nenhum ou Tratamento de Fendas	Reparação de fendas
10 m a 135 m	Moderada	Tratamento de Fendas	Tratamento de Fendas	Reparação de Fendas
>135	Alta	Tratamento Superficial	Tratamento Superficial	Reabilitação

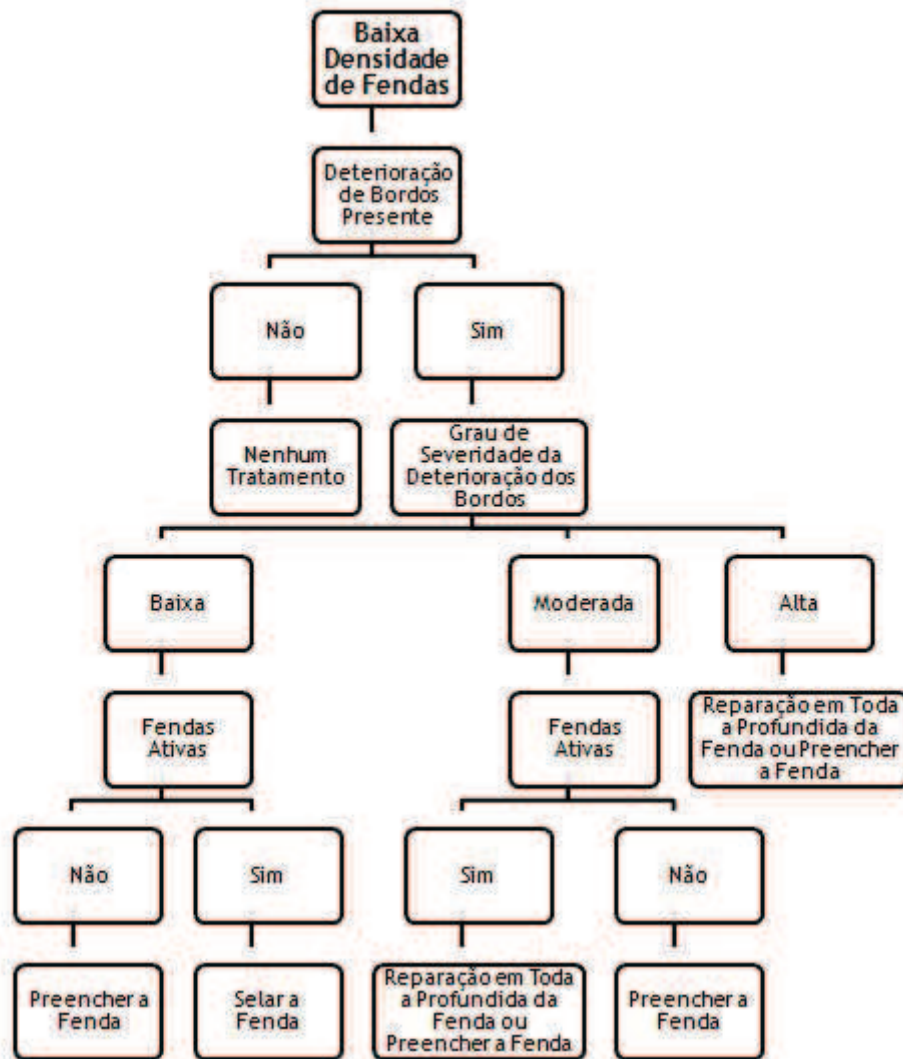


Figura 4.1: Tratamento adequado para pavimentos com moderada densidade de fendas (MDOT, 1999)

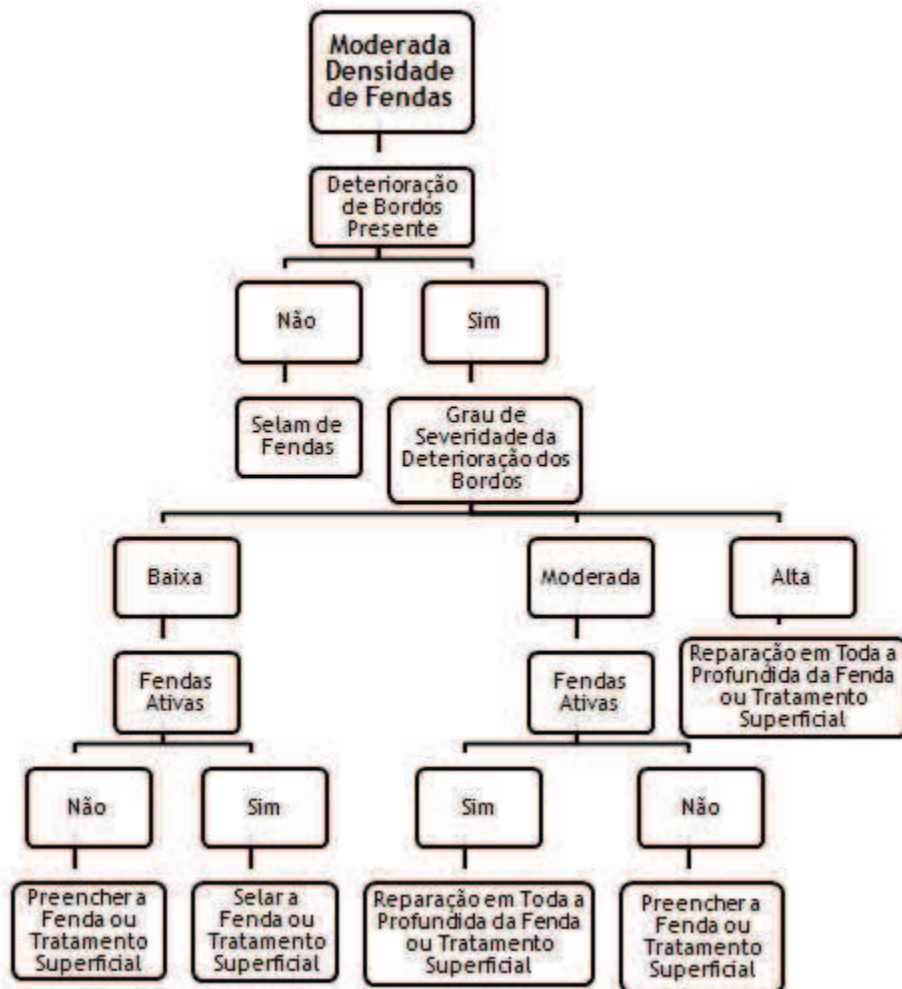


Figura 4.2: Tratamento adequado para pavimentos com moderada densidade de fendas (MDOT, 1999)

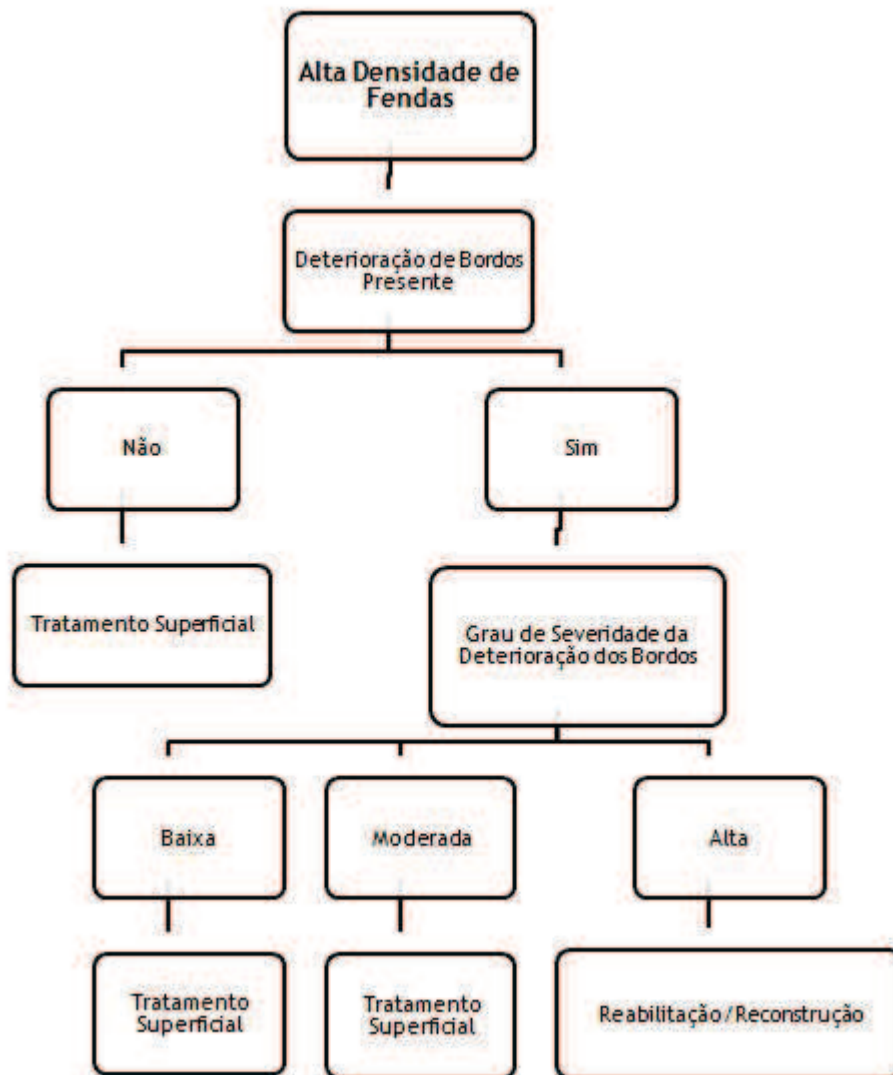












Figura 4.3: Tratamento adequado para pavimentos com alta densidade de fendas (MDOT, 1999)






4.2. Fichas para reparação de Fendas

FFI-P Ficha de Reparação de Fendas Fendas Isoladas - Preenchimento	Imagens exemplificativas
<p>Passo 1</p> <p>Preparação de todo o material e dos equipamentos necessários para a realização da reparação.</p>	
<p>Passo 2</p> <p>Colocação de sinalização na zona de obra de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho...</p>	
<p>Passo 3</p> <p>Limpeza da fenda e da superfície envolvente</p> <p>A fenda, assim como toda a área envolvente, devem ser varridas e limpas, usando-se para o efeito vassouras ou compressor de ar comprimido. Todo o material solto no interior ou bordos da fenda deve ser removido.</p>	
<p>Passo 4</p> <p>Aplicação do ligante betuminoso</p> <p>Preencher a fenda com emulsão betuminosa de rotura rápida, a uma taxa de 0.5 l/m², devendo esta ser aumentada caso as fendas absorvam mais ligante do que o previsto.</p>	
<p>Passo 5</p> <p>Espalhamento do agregado de cobertura</p> <p>O agregado de cobertura deverá ser espalhado imediatamente após a aplicação da emulsão betuminosa, recomendando-se a utilização de material compreendido entre os peneiros de 3/8" (9.5 mm) e nº 10 (2.0 mm).</p>	

<p>Passo 6</p> <p>Compactação da camada</p> <p>Compactação da camada com a utilização de um compactador pneumático ou pela passagem das rodas traseiras de um camião carregado.</p>	
<p>Passo 7</p> <p>Limpeza do material solto presente na superfície do pavimento</p>	
<p>Passo 8</p> <p>Remoção da sinalização e abertura ao tráfego</p> <p>A sinalização deverá ser retirada no sentido inverso da sua colocação e a abertura ao tráfego só deverá ser efetuada após a cura do ligante betuminoso utilizado.</p>	





<p align="center">FFI-S Ficha de Reparação de Fendas Fendas Isoladas - Selagem</p>	<p align="center">Imagens exemplificativas</p>
<p>Passo 1</p> <p>Preparação de todo o material e dos equipamentos necessários para a realização da reparação.</p>	
<p>Passo 2</p> <p>Colocação de sinalização na zona de obra de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	
<p>Passo 3</p> <p>Definição do perímetro da fenda a ser tratada</p>	


<p>Passo 4</p> <p>Corte do material degradado</p> <p>Realização do corte vertical da camada segundo a área demarcada.</p>	
<p>Passo 5</p> <p>Remoção do material degradado</p> <p>O corte do material deverá atingir toda a espessura da camada deteriorada, orientando-se a escavação no sentido do centro da caixa para os bordos, uma vez que com este procedimento o material apresenta menor resistência à sua remoção.</p> <p>As paredes da caixa devem ser verticais e a escavação deve ser levada até o fundo da camada danificada, certificando-se de que o fundo da caixa apresente um suporte firme.</p>	
<p>Passo 6</p> <p>Limpeza de toda área cortada</p> <p>A limpeza de toda a área cortada é efetuada para evitar problemas de aderência. Após a remoção de todo o material, a caixa deverá ser varrida e limpa, usando-se para o efeito vassouras ou compressor de ar comprimido.</p>	
<p>Passo 7</p> <p>Secagem da área a reabilitar</p>	
<p>Passo 8</p> <p>Aplicação do ligante betuminoso</p> <p>Concluída a limpeza e a secagem da caixa, com remoção de todo o material comprometido, faz-se a aplicação de ligante betuminoso (rega de colagem) nas paredes da caixa, utilizando-se uma emulsão betuminosa. A película ligante deve cobrir as paredes e o fundo da caixa.</p>	

<p>Passo 9</p> <p>Colocação do material de reposição na caixa</p> <p>Após a aplicação da rega de colagem deverá ser colocado na caixa o material de reposição, adotando-se, preferencialmente, um material pré-misturado a quente, pré-misturado a frio ou um betão betuminoso.</p>	
<p>Passo 10</p> <p>Compactação da camada</p> <p>Compactação da camada, a qual deve ser efetuada com equipamentos de compactação adequados à dimensão e à importância da reparação. Após a colocação do material e a verificação de que na periferia da área de reparação não existe excedente, inicia-se a sua compactação (a ser efetivada a cada camada) junto das paredes verticais, progredindo-se com a compactação para o centro da caixa</p>	
<p>Passo 11</p> <p>Realização da selagem das faces verticais da reparação</p> <p>A selagem das faces verticais permitem evitar a entrada de água. Os materiais de selagem podem ser vários, de entre os quais se destaca a utilização de uma lama asfáltica.</p>	
<p>Passo 12</p> <p>Limpeza do material solto presente na superfície do pavimento</p>	
<p>Passo 13</p> <p>Remoção da sinalização e abertura ao tráfego</p> <p>A sinalização deverá ser retirada no sentido inverso da sua colocação e a abertura ao tráfego só deverá ser efetuada após a cura do ligante betuminoso utilizado.</p>	

<p style="text-align: center;">FFA<3 Ficha de Reparação de Fendas Áreas fendilhadas Tratamentos de fendas com abertura igual ou inferior a 3mm</p>	<p style="text-align: center;">Imagens exemplificativas</p>
<p><i>Passo 1</i></p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos necessários para a realização da reparação</p>	
<p><i>Passo 2</i></p> <p>Definição do perímetro da área a ser tratada e colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	 
<p><i>Passo 3</i></p> <p>Limpeza das fendas e da superfície envolvente</p> <p>As fendas, assim como toda a área envolvente, devem ser varridas e limpas, usando-se para o efeito vassouras ou compressor de ar comprimido. Todo o material solto no interior ou bordos das fendas deve ser removido.</p>	
<p><i>Passo 5</i></p> <p>Aplicação do ligante betuminoso</p> <p>Aplicar sobre a superfície fendilhada uma emulsão betuminosa de rutura rápida ou de cura rápida, a uma taxa de 0.5 l/m2, devendo esta ser aumentada caso as fendas absorvam mais ligante do que o previsto.</p>	

<p>Passo 6</p> <p>Espalhamento do agregado de cobertura</p> <p>O agregado de cobertura deverá ser espalhado sobre a área fendilhada e sua envolvente imediatamente após a aplicação da emulsão betuminosa, recomendando-se a utilização de um material compreendido entre os peneiros 3/8" (9.5 mm) e nº 10 (2.0 mm).</p>	
<p>Passo 7</p> <p>Compactação da camada</p> <p>Compactação da camada com a utilização de um compactador pneumático.</p>	
<p>Passo 8</p> <p>Limpeza do material solto presente na superfície do pavimento</p>	
<p>Passo 9</p> <p>Remoção da sinalização e abertura ao tráfego</p> <p>A sinalização deverá ser retirada no sentido inverso da sua colocação e a abertura ao tráfego só deverá ser efetuada após a cura do ligante betuminoso utilizado.</p>	

<p style="text-align: center;">FFA>3 Ficha de Reparação de Fendas Áreas fendilhadas Tratamentos de fendas com abertura superior a 3mm</p>	<p style="text-align: center;">Imagens exemplificativas</p>
<p><i>Passo 1</i></p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	
<p><i>Passo 2</i></p> <p>Definição do perímetro da área a ser tratada e colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	 
<p><i>Passo 3</i></p> <p>Limpeza das fendas e da superfície envolvente</p> <p>As fendas, assim como toda a área envolvente, devem ser varridas e limpas, usando-se para o efeito vassouras ou compressor de ar comprimido. Todo o material solto no interior ou bordos das fendas deve ser removido.</p>	
<p><i>Passo 4</i></p> <p>Corte do material degradado</p> <p>Realização do corte vertical da camada segundo a área demarcada no passo 2. Para preparar adequadamente a área a reparar corta-se o revestimento existente, formando inicialmente uma vala em torno da área degradada, com o fim de obter paredes verticais que formarão os limites da área a ser reparada.</p>	

<p>Passo 5</p> <p>Remoção do material degradado</p> <p>O corte do material deverá atingir toda a espessura da camada deteriorada, orientando-se a escavação no sentido do centro da caixa para os bordos, uma vez que com este procedimento o material apresenta menor resistência à sua remoção.</p> <p>As paredes da caixa devem ser verticais e a escavação deve ser levada até o fundo da camada danificada, certificando-se de que o fundo da caixa apresente um suporte firme.</p>	
<p>Passo 6</p> <p>Limpeza de toda área cortada</p> <p>A limpeza de toda a área cortada é efetuada para evitar problemas de aderência. Após a remoção de todo o material, a caixa deverá ser varrida e limpa, usando-se para o efeito vassouras ou compressor de ar comprimido.</p>	
<p>Passo 7</p> <p>Secagem da área a reabilitar</p>	
<p>Passo 8</p> <p>Aplicação do ligante betuminoso</p> <p>Concluída a limpeza e a secagem da caixa, com remoção de todo o material comprometido, faz-se a aplicação de ligante betuminoso (rega de colagem) nas paredes da caixa, utilizando-se uma emulsão betuminosa. A película ligante deve cobrir as paredes e o fundo da caixa.</p>	
<p>Passo 9</p> <p>Colocação do material de reposição na caixa</p> <p>Após a aplicação da rega de colagem deverá ser colocado na caixa o material de reposição, adotando-se, preferencialmente, um material pré-misturado a quente, pré-misturado a frio ou um betão betuminoso.</p> <p>O lançamento da mistura na caixa não deve ser feito com o basculamento do material, o que provocaria a segregação dos agregados mais grossos. Utiliza-se para o efeito o lançamento do</p>	

<p>material com recurso a pás quadradas, começando a colocá-lo dos bordos para o centro da caixa.</p> <p>A espessura da camada (compactada) deve situar-se entre os 3 e 8 cm, exigindo-se que, para camadas mais espessas, o lançamento se faça por camadas de 3 a 8 cm.</p> <p>Com o material colocado na área de reparação, espalha-se convenientemente para não permitir a formação de torrões.</p>	
<p>Passo 10</p> <p>Compactação da camada</p> <p>Compactação da camada, a qual deve ser efetuada com equipamentos de compactação adequados à dimensão e à importância da reparação. Após a colocação do material e a verificação de que na periferia da área de reparação não existe excedente, inicia-se a sua compactação (a ser efetivada a cada camada) junto das paredes verticais, progredindo-se com a compactação para o centro da caixa.</p>	
<p>Passo 11</p> <p>Realização da selagem das faces verticais da reparação</p> <p>A selagem das faces verticais permitem evitar a entrada de água. Os materiais de selagem podem ser vários, de entre os quais se destaca a utilização de uma lama asfáltica.</p>	
<p>Passo 12</p> <p>Espalhamento do agregado de cobertura</p> <p>O agregado de cobertura deverá ser espalhado sobre a área fendilhada e sua envolvente imediatamente após a aplicação da emulsão betuminosa, recomendando-se a utilização de um material compreendido entre os peneiros 3/8" (9.5 mm) e nº 10 (2.0 mm).</p>	

Passo 13

Compactação da camada

Compactação da camada com a utilização de um compactador pneumático.



Passo 14

Acabamentos e limpeza do material solto presente na superfície do pavimento

O acabamento deve ser feito de tal modo que a superfície acabada venha a se harmonizar inteiramente com o pavimento existente e se torne indistinguível pouco depois de aberto ao tráfego.



Passo 15

Remoção da sinalização e abertura ao tráfego





A sinalização deverá ser retirada no sentido inverso da sua colocação e a abertura ao tráfego só deverá ser efetuada após a cura do ligante betuminoso utilizado.






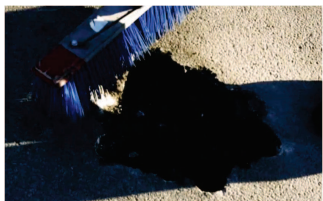
4.3. Covas: Critérios para a escolha do tratamento mais adequado

O tratamento de tapagem de covas pode ser escolhido em função da técnica de reparação escolhida ou em função da profundidade da cova, apresentando-se fichas para estes dois pontos de abordagem.

4.4. Fichas para reparação de Covas

FCT-a-r Ficha de Reparação de Covas Throw-and-go	Imagens exemplificativas
<p><i>Passo 1</i></p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	
<p><i>Passo 2</i></p> <p>Colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	
<p><i>Passo 3</i></p> <p>Colocação do material na cova</p>	
<p><i>Passo 4</i></p> <p>Compactação da camada</p> <p>Compactação da camada com a utilização de um compactador pneumático ou pela passagem das rodas traseiras de um camião carregado.</p>	

<p>Passo 5</p> <p>Verificação da Compactação</p> <p>Verificar se o remendo compactado apresenta uma elevação em relação à superfície do pavimento entre 3 e 6 mm (evita problemas de drenagem superficial)</p>	
<p>Passo 6</p> <p>Avançar para o local da próxima reparação</p>	
<p>Passo 7</p> <p>Abertura ao Tráfego</p> <p>Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.</p>	

<p>FCs-p</p> <p>Ficha de Reparação de Covas</p> <p>Semi-permanent</p>	<p>Imagens</p>
<p>Passo 1</p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	
<p>Passo 2</p> <p>Colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	
<p>Passo 3</p> <p>Limpeza da Cova</p> <p>Retirar: A água e os detritos presentes no interior da cova</p>	

Passo 4

Demarcação do Perímetro da Área a ser Degradada

Marcação da superfície a reabilitar, sempre com formas regulares. Previamente ao início dos trabalhos deverão ser demarcados os perímetros das áreas degradadas a serem tratadas, cuidando-se para que estas áreas apresentem configuração retangular. A marcação deverá ser efetivada sobre o pavimento existente, utilizando-se para tal tinta, giz ou lápis de cera.



Passo 5

Corte do material degradado

Realização do corte vertical da camada segundo a área demarcada no passo 2. Para preparar adequadamente a área a reparar corta-se o revestimento existente, formando inicialmente uma vala em torno da área degradada, com o fim de obter paredes verticais que formarão os limites da área a ser reparada.



Passo 6

Colocação do material de reparação na cova



Passo 7

Compactação da camada

Compactar com um dispositivo com menor área do que área de reparação



Passo 8

Abertura ao Tráfego

Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.




FCs-i Ficha de Reparação de Covas Spray-Injection	
<p>Passo 1</p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	
<p>Passo 2</p> <p>Colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	
<p>Passo 3</p> <p>Limpeza da Cova</p> <p>Retirar com compressor de ar comprimido a água e detritos presentes no interior da cova</p>	
<p>Passo 4</p> <p>Aplicação do Ligante Betuminoso</p> <p>Borrifar um revestimento de aderência nas paredes laterais e no fundo da cova</p>	
<p>Passo 5</p> <p>Injetar do material de reparação na cova</p> <p>Injetar o betume e agregado para a cova.</p>	
<p>Passo 6</p> <p>Espalhamento do agregado de cobertura</p> <p>Cobrir a área remendada com uma camada de agregado</p>	


Passo 7

Abertura ao Tráfego

Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.



<p>FCe-s Ficha de Reparação de Covas Edge-seal</p>	<p>Imagens exemplificativas</p>
<p>Passo 1 Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	 A worker in a white shirt and dark pants is working with a large tire and equipment. The worker is standing next to a large tire that is mounted on a piece of equipment. There are other pieces of equipment and materials in the background.
<p>Passo 2 Colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	 A worker wearing a yellow hard hat and an orange safety vest is carrying a large orange traffic cone. The worker is walking on a dirt path next to a road. In the background, there are trees and a yellow and black striped traffic sign.
<p>Passo 3 Colocação do material na cova</p>	 A close-up view of a shovel digging into a hole in the ground. The shovel is positioned over a dark, circular hole in the light-colored soil. The shovel's blade is partially visible, and it appears to be in the process of digging or clearing the hole.
<p>Passo 4 Compactação da camada Compactação da camada com a utilização de um compactador pneumático ou pela passagem das rodas traseiras de um camião carregado.</p>	 A close-up view of the rear wheel of a truck. The wheel is large and black, and it is positioned on a dirt surface. The truck's body is visible in the background, showing the rear section of the vehicle.

<p>Passo 5</p> <p>Verificação da Compactação</p> <p>Verificar se o remendo compactado apresenta uma elevação em relação à superfície do pavimento entre 3 e 6 mm (evita problemas de drenagem superficial)</p>	
<p>Passo 6</p> <p>Avançar para o local da próxima reparação</p>	
<p>Passo 7</p> <p>Colocação uma fita de material</p> <p>Assim que a secção reparada esteja seca, colocar uma fita de material asfáltico aderente por cima do bordo do remendo.</p>	
<p>Passo 8</p> <p>Espalhamento do agregado de cobertura</p> <p>Depositar uma camada de areia sobre o material aderente para evitar arrasto por parte dos pneus dos veículos.</p>	
<p>Passo 9</p> <p>Abertura ao Tráfego</p> <p>Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.</p>	

<p style="text-align: center;">FC<5 Ficha de Reparação de Covas Covas com Profundidade até 5cm</p>	<p style="text-align: center;">Imagens exemplificativas</p>
<p>Passo 1</p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	
<p>Passo 2</p> <p>Colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	
<p>Passo 3</p> <p>Demarcação do Perímetro da Área Degradada</p> <p>Marcação da superfície a reabilitar (sempre com formas regulares). Previamente ao início dos trabalhos deverão ser demarcados os perímetros das áreas degradadas a serem tratadas, cuidando-se para que estas áreas apresentem configuração de quadriláteros. A marcação deverá ser efetivada sobre o pavimento existente, utilizando-se para tal tinta, giz ou lápis de cera</p>	
<p>Passo 4</p> <p>Corte do Material</p> <p>Recortar o revestimento a ser removido com a utilização de pás e picaretas.</p> <p>É fundamental que a face do recorte faça um ângulo de 90° com o revestimento existente (paredes verticais).</p>	
<p>Passo 5</p> <p>Remoção do Material</p> <p>Remoção do revestimento que foi recortado, inclusive os resíduos na área de trabalho, com a utilização de pás, enxadas e carrinho de mão. É fundamental que os resíduos e entulhos sejam removidos e deixados num local que não atrapalhem o trânsito de veículos e pedestres.</p>	

Passo 6

Limpeza da Caixa

Efetuar a limpeza da área utilizando vassouras ou compressor de ar comprimido. Na varredura ou limpeza com compressor, retirar todo o pó que estiver solto. Se necessário, espalhar com um regador um pouco de água, a suficiente para assentar a poeira e garantir a inexistência de pó solto. A varredura ou limpeza com o compressor deverá estender-se ao pavimento existente, numa área maior que a prevista para a pintura de ligação.



Passo 7

Aplicação do Ligante

Aplicar a pintura de ligação no fundo e nas paredes verticais da área recortada, utilizando uma emulsão betuminosa. A emulsão deve cobrir toda a área que vai receber a mistura betuminosa, sem se acumular em poças. Deve-se estender a pintura de ligação por 10 a 20 cm sobre o pavimento existente, isto é, para cada lado das covas. A emulsão betuminosa deve ser transportada e utilizada com o máximo de cuidado, a fim de evitar sujar passeios, canteiros, jardins, rampas de garagem, etc.



Passo 8

Preenchimento da Caixa

Após a aplicação da rega de colagem deverá ser colocado na caixa o material de reposição, adotando-se, preferencialmente, um material pré-misturado a quente, pré-misturado a frio ou um betão betuminoso.

O preenchimento deve ser cuidadoso e ser iniciado cinco minutos após a execução da pintura de ligação, devido à necessidade de rutura da emulsão betuminosa. Com a utilização de um ancinho a massa deve ser bem espalhada, preenchendo todos os espaços formados pelos recorte, nivelando a massa com o pavimento existente.

Em seguida, executa-se uma primeira compactação (4 passagens com compactador tipo placa vibratória) aplicando em seguida uma nova camada de massa. A aplicação desta nova camada deverá atingir toda a área pintada (10 a 20 cm externos ao recorte).

Ao efetuar o arrasto da mistura betuminosa, deve-se tomar o cuidado para que o material acompanhe o nivelamento do pavimento antigo, de forma a evitar o empoçamento da água.



Passo 9

Compactação da camada

Espalhar uma quantidade reduzida de água sobre toda a camada final da mistura betuminosa, recorrendo à utilização de um regador. Não pode ocorrer formação de poças. O objetivo é facilitar o deslizamento do compactador sobre a mistura e proporcionar um acabamento liso aquando da operação de compactação final.

Para compactar o betão betuminoso deve considerar-se um mínimo de 4 passagens para a camada final, tentando também obter um acabamento liso. A compactação ficará finalizada na 4ª passagem, quando o compactador não deixar marcas na mistura betuminosa. Caso o acabamento ainda apresente locais com britas ou granulados não agregados, aparentemente soltos, espalhar sobre o local mais 1 cm de mistura e com a utilização do ancinho retirar o material granulado. Realizar um novo espalhamento de uma pequena quantidade de água e compactar novamente. Atenção especial deve ser dada na compactação da camada na junção da mistura nova com o pavimento velho, evitando deixar aberturas que permitam a penetração de água.

Para a compactar um material pré-misturado a frio, devem-se considerar apenas duas passagens na camada final para evitar a desagregação da massa.

A compactação deve ser efetuada dos bordos para a parte interna da área tratada e deverá persistir até a ausência de marcas no revestimento.

Deverá ser executada em faixas da largura da placa do compactador de tal forma que uma passagem recubra a metade da passagem anterior.



Passo 10

Acabamentos

Retirar com uma varredura os materiais granulados excedentes que normalmente ficam nas juntas da mistura nova com o pavimento velho. Deixar o local da operação bem varrido.



Passo 11

Abertura ao Tráfego

Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.



FC>5<15 Ficha de Reparação de Covas Covas com Profundidade entre 5cm e 15cm	Imagens exemplificativas
<p>Passo 1</p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	A worker in a white shirt and dark pants is working with a large tire on a workbench. The worker is standing next to a large tire that is mounted on a metal frame.
<p>Passo 2</p> <p>Colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	A worker wearing a green hard hat and an orange safety vest is carrying a large orange traffic cone. The worker is standing on a dirt path next to a yellow and black striped traffic sign.
<p>Passo 3</p> <p>Demarcação do Perímetro da Área Degradada</p> <p>Marcação da superfície a reabilitar (sempre com formas regulares). Previamente ao início dos trabalhos deverão ser demarcados os perímetros das áreas degradadas a serem tratadas, cuidando-se para que estas áreas apresentem configuração de quadriláteros. A marcação deverá ser efetivada sobre o pavimento existente, utilizando-se para tal tinta, giz ou lápis de cera</p>	A worker in a red safety vest is marking a circular area on the pavement. The worker is using a tool to draw a circle on the ground.

<p>Passo 4</p> <p>Corte do Material</p> <p>Recortar o revestimento a ser removido com a utilização de pás e picaretas.</p> <p>É fundamental que a face do recorte faça um ângulo de 90° com o revestimento existente (paredes verticais).</p>	
<p>Passo 5</p> <p>Remoção do Material</p> <p>Remoção do revestimento que foi recortado, inclusive os resíduos na área de trabalho, com a utilização de pás, enxadas e carrinho de mão. É fundamental que os resíduos e entulhos sejam removidos e deixados num local que não atrapalhem o trânsito de veículos e pedestres.</p>	
<p>Passo 6</p> <p>Limpeza da Caixa</p> <p>Efetuar a limpeza da área utilizando vassouras ou compressor de ar comprimido. Na varredura ou limpeza com compressor, retirar todo o pó que estiver solto. Se necessário, espalhar com um regador um pouco de água, a suficiente para assentar a poeira e garantir a inexistência de pó solto. A varredura ou limpeza com o compressor deverá estender-se ao pavimento existente, numa área maior que a prevista para a pintura de ligação.</p>	
<p>Passo 7</p> <p>Aplicação do Ligante</p> <p>Aplicar a pintura de ligação no fundo e nas paredes verticais da área recortada, utilizando uma emulsão betuminosa. A emulsão deve cobrir toda a área que vai receber a mistura betuminosa, sem se acumular em poças. Deve-se estender a pintura de ligação por 10 a 20 cm sobre o pavimento existente, isto é, para cada lado das covas. A emulsão betuminosa deve ser transportada e utilizada com o máximo de cuidado, a fim de evitar sujar passeios, canteiros, jardins, rampas de garagem, etc.</p>	

Passo 8

Preenchimento da Caixa

Após a aplicação da rega de colagem deverá ser colocado na caixa o material de reposição, adotando-se, preferencialmente, pré-misturado a quente, pré-misturado a frio ou betão betuminoso, que deve ser colocado no mínimo em três camadas.

O preenchimento deve ser cuidadoso e ser iniciado cinco minutos após a execução da pintura de ligação, devido à necessidade de rutura da emulsão asfáltica. Colocar

a 1ª camada, no máximo de 5 cm de espessura, e estando o nivelamento abaixo do pavimento existente.

Ancinhar e compactar (4 passagens com compactador tipo placa vibratória). Em seguida preencher uma 2ª ou até uma 3ª camada que também não deve ser superior a 5 cm cada uma. O preenchimento deve ser sempre cuidadoso, preenchendo todos os espaços. Com a utilização de ancinho a massa deve ser bem espalhada, garantindo o preenchimento de todos os cantos do recorte. Uma nova compactação com 4 passagens deve ser feita, em cada camada. A aplicação da última camada (3ª ou 4ª) deverá atingir toda a área pintada (10 a 20 cm externos ao recorte).

Ao efetuar o arrasto da massa asfáltica, deve-se tomar o cuidado para a massa acompanhar o mesmo nivelamento do pavimento antigo, para não haver empoçamento de água.



Passo 9

Compactação da camada

Espalhar uma pouca quantidade de água sobre toda a camada final da massa, utilizando-se de um regador. Não pode ocorrer formação de poças. O objetivo é facilitar o deslizamento do compactador sobre a massa e proporcionar um acabamento liso quando da operação de compactação final

Para compactar o betão betuminoso, deve-se passar no mínimo quatro passagens na camada final, tentando também obter um acabamento liso. A compactação ficará finalizada na 4ª passada, quando o compactador não deixar marcas no asfalto. Caso o acabamento ainda apresente locais com britas ou granulados não agregados, aparentemente soltos, espalhar sobre o local mais 1 cm de massa e com a utilização do ancinho retirar o material



<p>granulado. Realizar outra vez, espalhamento de uma pequena quantidade de água e compactar novamente. Atenção especial deve ser dada na compactação da camada na junção da massa nova com o pavimento velho, evitando deixar aberturas que permitam a penetração de água, quer de chuva, quer lançada na rua por moradores.</p> <p>Para a compactar pré-misturado a frio, deve se passar somente duas passagens na camada final para evitar a desagregação da massa.</p> <p>A compactação deve ser efetuada dos bordos para a parte interna da área tratada e deverá persistir até a ausência das marcas no revestimento.</p> <p>Deverá ser executada em faixas da largura da placa do compactador, e se processar de tal maneira que uma passagem recubra a metade da passagem anterior</p>	
<p>Passo 10</p> <p>Acabamentos</p> <p>Retirar com uma varredura os materiais granulados excedentes que normalmente ficam nas juntas da mistura nova com o pavimento velho. Deixar o local da operação bem varrido.</p>	
<p>Passo 11</p> <p>Abertura ao Tráfego</p> <p>Abir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.</p>	

<p style="text-align: center;">FC>15 Ficha de Reparação de Covas Covas com Profundidade Superiores 15cm</p>	<p style="text-align: center;">Imagens exemplificativas</p>
<p><i>Passo 1</i></p> <p>Preparação de todo material e dos equipamentos para realização da reparação da reparação</p>	
<p><i>Passo 2</i></p> <p>Colocação de sinalização de acordo com os critérios da sinalização temporária</p> <p>Inicia-se a colocação na aproximação e segue até à zona de trabalho.</p>	
<p><i>Passo 3</i></p> <p>Demarcação do Perímetro da Área Degradada</p> <p>Marcação da superfície a reabilitar (sempre com formas regulares). Previamente ao início dos trabalhos deverão ser demarcados os perímetros das áreas degradadas a serem tratadas, cuidando-se para que estas áreas apresentem configuração de quadriláteros. A marcação deverá ser efetivada sobre o pavimento existente, utilizando-se para tal tinta, giz ou lápis de cera.</p>	
<p><i>Passo 4</i></p> <p>Corte do Material</p> <p>Recortar o revestimento a ser removido com a utilização de pás e picaretas.</p> <p>É fundamental que a face do recorte faça um ângulo de 90° com o revestimento existente (paredes verticais).</p>	
<p><i>Passo 5</i></p> <p>Remoção do Material</p> <p>Remoção do revestimento que foi recortado, inclusive os resíduos na área de trabalho, com a utilização de pás, enxadas e carrinho de mão. É fundamental que os resíduos e entulhos sejam removidos e deixados num local que não atrapalhem o trânsito de veículos e pedestres.</p>	

Passo 6

Limpeza da Caixa

Efetuar a limpeza da área utilizando vassouras ou compressor de ar comprimido. Na varredura ou limpeza com compressor, retirar todo o pó que estiver solto. Se necessário, espalhar com um regador um pouco de água, a suficiente para assentar a poeira e garantir a inexistência de pó solto. A varredura ou limpeza com o compressor deverá estender-se ao pavimento existente, numa área maior que a prevista para a pintura de ligação.



Passo 7

Definir o Volume dos materiais necessários

As britas usadas devem apresentar uma boa resistência. O volume deve ser estimado considerando que o material escolhido deve ser bem espalhado na caixa recortada, preenchendo todos os espaços, até que a camada de betão betuminoso ou de material pré-misturado a frio se limite a 5 cm.



Passo 8

Aplicação do Ligante

Aplicar a pintura de ligação no fundo e nas paredes verticais da área recortada, utilizando uma emulsão betuminosa. A emulsão deve cobrir toda a área que vai receber a mistura betuminosa, sem se acumular em poças. Deve-se estender a pintura de ligação por 10 a 20 cm sobre o pavimento existente, isto é, para cada lado das covas. A emulsão betuminosa deve ser transportada e utilizada com o máximo de cuidado, a fim de evitar sujar passeios, canteiros, jardins, rampas de garagem, etc.



Passo 9

Preenchimento da Caixa

Após a aplicação da rega de colagem deverá ser colocado na caixa o material de reposição, adotando-se, preferencialmente, pré-misturado a quente, pré-misturado a frio ou betão betuminoso, que deve ser colocado no mínimo em três camadas.

O preenchimento deve ser cuidadoso e ser iniciado cinco minutos após a execução da pintura de ligação, devido à necessidade de rutura da emulsão asfáltica. Colocar

a 1ª camada, no máximo de 5 cm de espessura, e estando o nivelamento abaixo do pavimento existente.

Ancinhar e compactar (4 passagens com compactador tipo placa



vibratória). Em seguida preencher uma 2ª ou até uma 3ª camada que também não deve ser superior a 5 cm cada uma. O preenchimento deve ser sempre cuidadoso, preenchendo todos os espaços. Com a utilização de ancinho a massa deve ser bem espalhada, garantindo o preenchimento de todos os cantos do recorte. Uma nova compactação com 4 passagens deve ser feita, em cada camada. A aplicação da última camada (3ª ou 4ª) deverá atingir toda a área pintada (10 a 20 cm externos ao recorte).

Ao efetuar o arrasto da massa asfáltica, deve-se tomar o cuidado para a massa acompanhar o mesmo nivelamento do pavimento antigo, para não haver empoçamento de água.

Passo 10

Compactação da camada



Espalhar uma pouca quantidade água sobre toda a camada final da massa, utilizando-se de um regador. Não pode ocorrer formação de poças. O objetivo é facilitar o deslizamento do compactador sobre a massa e proporcionar um acabamento liso quando da operação de compactação final

Para compactar o betão betuminoso, deve-se passar no mínimo quatro passagens na camada final, tentando também obter um acabamento liso. A compactação ficará finalizada na 4ª passada, quando o compactador não deixar marcas no asfalto. Caso o acabamento ainda apresente locais com britas ou granulados não agregados, aparentemente soltos, espalhar sobre o local mais 1 cm de massa e com a utilização do ancinho retirar o material granulado. Realizar outra vez, espalhamento de uma pequena quantidade de água e compactar novamente. Atenção especial deve ser dada na compactação da camada na junção da massa nova com o pavimento velho, evitando deixar aberturas que permitam a penetração de água, quer de chuva, quer lançada na rua por moradores.

Para a compactar pré-misturado a frio, deve se passar somente duas passagens na camada final para evitar a desagregação da massa.

A compactação deve ser efetuada dos bordos para a parte interna



<p>da área tratada e deverá persistir até a ausência das marcas no revestimento.</p> <p>Deverá ser executada em faixas da largura da placa do compactador, e se processar de tal maneira que uma passagem recubra a metade da passagem anterior.</p>	
<p>Passo 11</p> <p>Acabamentos</p> <p>Retirar com uma varredura os materiais granulados excedentes que normalmente ficam nas juntas da mistura nova com o pavimento velho. Deixar o local da operação bem varrido.</p>	
<p>Passo 12</p> <p>Abertura ao Tráfego</p> <p>Abrir a secção reparada ao tráfego logo que os trabalhadores e equipamentos de manutenção tiverem sido retirados da zona de obras.</p>	

Capítulo 5

Conclusões

5.1 Considerações Finais

Neste trabalho foi abordado o tema das técnicas de conservação para pequenas reparações de pavimentos rodoviários, tendo sido descritas em pormenor um conjunto de considerações relacionadas com a seleção, aplicação e avaliação dos materiais e dos procedimentos de reparação a adotar para a selagem e o preenchimento de fendas e para a tapagem de covas (em pavimentos flexíveis e no âmbito das conservação de rotina/corrente).

Após uma revisão bibliográfica inicial foi possível verificar que existe uma falta de documentos com orientações precisas sobre os procedimentos a seguir na execução de reparações na rede rodoviária nacional, pelo que o desenvolvimento desta dissertação irá constituir uma mais-valia, preenchendo esta lacuna e facilitando a execução adequada e com qualidade das reparações necessárias na rede.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho foi possível constatar que o passo inicial para o sucesso de qualquer reparação passa pela caracterização da situação de degradação existente, de modo a obter um diagnóstico que permita sustentar o projeto de intervenção e portanto a escolha da solução mais adequada para as degradações existentes nos pavimentos das estradas.

Do estudo efetuado foi possível concluir que as reparações das fendas devem ser efetuadas numa altura do ano em que as temperaturas sejam moderadamente frias (7 a 18°C) e que os materiais mais apropriados para a sua realização são os do tipo betuminoso termoplástico aplicado a frio (emulsões betuminosas, betumes modificados com polímeros), betuminoso termoplástico aplicado a quente (cimento asfáltico, betume asfáltico modificado com fibras, betume-borracha, betume-borracha de baixo módulo) e termo-endurecidos com cura química (do tipo silicone). A colocação destes materiais poderá ser realizada com recurso a várias técnicas como as *flush fill*, *reservoir*, *overband* e *combination*, cuja seleção é baseada no tipo de aplicação, no tipo de canal da fenda, nas características de acabamento pretendidas e na dimensão do reservatório da fenda e da *overband*.

As fendas podem ser reparadas por preenchimento ou selagem, sendo que a seleção do tipo de tratamento depende da densidade e grau de degradação dos bordos.

Para o caso da reparação das covas, estas podem ser realizadas durante condições meteorológicas que podem variar entre as verificadas em dias de primavera e dias de inverno rigoroso, abrangendo um intervalo de temperaturas entre os -18 ° C e os 38°C. A maioria das operações de tapagem de covas são efetuadas com recurso a misturas betuminosas, em Portugal as temperaturas são moderadas, pelo que a maioria das operações de tapagem de covas é feita para temperaturas positivas com recurso a misturas betuminosas fabricadas a frio, sendo as técnicas mais usadas para tapagem de fendas a *throw-and-go*, *semi-permanent*, *spray injection* e *edge seal*.

Para ambos os casos estudados foi possível concluir que as condições de impermeabilização das fendas ou das covas depois de reparadas constituem um fator de sucesso da reparação, pelo que se deve dedicar particular atenção a este aspeto.

Tendo em conta que o objetivo do trabalho era a realização de fichas de reparação com os procedimentos passo a passo a seguir em obra para o tratamento das degradações, foram concebidas onze fichas de reparação, quatro para o tratamento de fendas e sete para o tratamento das covas, tendo sido elaboradas com base na literatura estrangeira da especialidade consultada.

As fichas de reparação de fendas abrangem os casos das reparações para as fendas isoladas segundo o tipo de tratamento (selagem ou preenchimento) e para áreas fendilhadas segundo o tamanho da abertura das fendas.

Para as fichas de reparação de covas considerou-se dois tipos de abordagem, uma segundo as técnicas de tapagem das covas e outra segundo a profundidade máxima da cova. Na primeira abordagem foi elaborada uma ficha de reparação por técnica a adotar (*throw-and-go*, *semi-permanent*, *spray injection* e *edge seal*) e na segunda preparadas 3 fichas, uma para covas com profundidade máxima até 5cm, outra para profundidades máximas entre 5 e 15cm e finalmente uma para profundidades superiores a 15cm.

Todas as fichas têm por objetivo apoiar o procedimento de campo a seguir, quer ao nível das tarefas de reparação, quer ao nível da garantia da segurança de operários e utentes da estrada, permitindo a realização de reparações de qualidade que possibilitem aumentar o período de vida do pavimento e por consequência retardar a realização de intervenções mais profundas e onerosas.

5.2 Trabalho Futuro

Esta dissertação não esgota a abordagem deste tema, pelo que se considera, em termos de investigação futura e no âmbito da conservação corrente, ser possível proceder-se à:

- Elaboração de fichas de reparações para as restantes degradações de pavimentos flexíveis que venham a ser identificadas como pertinentes;
- Elaboração de fichas de reparações para as degradações mais comuns em pavimentos rígidos e semirrígidos;
- Validação das fichas propostas através da realização de reparações segundo os procedimentos recomendados, com comparação dos resultados com os resultados obtidos em reparações efetuadas sem apoio das fichas;
- Elaboração de um manual de fichas de reparações de degradações para todos os tipos de pavimentos.

Referências Bibliográficas

Antunes, M. L. 1993. *Avaliação da capacidade de carga de pavimentos utilizando ensaios dinâmicos*, Tese de Doutoramento. Lisboa, Portugal.

Azevedo, M.. 1999. *Gestão da Conservação de Pavimentos - As Técnicas de Reabilitação Estrutural dos Pavimentos*. Centro Rodoviário Português, Lisboa, Portugal.

Azevedo, Maria. 2000/2001. *Apontamentos das Aulas de Disciplina de Pavimentos do Mestrado de Vias de Comunicação*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal.

Branco, Fernando; Picado Santos, Luís; Pereira, Paulo. 2006. *Pavimentos Rodoviários*. Edições Almedina, SA. Coimbra, Portugal.

CEPSA. 2007. *Manual de Pavimentação*. Lisboa, Portugal.

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 1998. *Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*. Rio de Janeiro, Brasil.

DNIT, Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. 2005. *Manual de Conservação Rodoviária*. Rio de Janeiro, Brasil.

Domingos, P. M. G.. 2007. *Reforço de Pavimentos Rígidos: Modelação do Comportamento Estrutural* -Tese de Mestrado. Lisboa, Portugal.

EAPA, European Asphalt Pavement Association. 2007. *Long-Life Asphalt Pavements - Technical Version*. Brussels, Bélgica.

EP - Estradas de Portugal, S.A. 1995. *Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional*. Almada, Portugal

EP - Estradas de Portugal, S.A. 2008. *Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários. Gestão da Conservação*. Gabinete de Gestão de Rede, Estradas de Portugal. Almada, Portugal.

EP - Estradas de Portugal, S.A. 2009. *Manual de Inspeções de Rotina*. Almada, Portugal.

EP - Estradas de Portugal, S.A. 2012. *Contratos de Conservação Corrente. Gestão da Conservação*. Gabinete de Gestão de Rede, Estradas de Portugal. Almada, Portugal.

FHWA, Federal Highway Administration. 1999. *Manual of Practice*. Virginia, EUA.

Freitas, E. F.; Pereira, P. A. A.. 2001. *Estado da Evolução do Desempenho dos Pavimentos Rodoviários Flexíveis*, Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho, nº 11. Guimarães, Portugal

Inteval. 2009. *Aspetos Técnicos na Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários*. Inteval Gestão Integral Rodoviária, SA. Lisboa, Portugal.

LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil. 2005. *Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários*. Lisboa, Portugal.

Macropavi, 2005. Disponível em: <http://www.macropavi.com.br>

Minhoto, M.. 2005. *Consideração da Temperatura no Comportamento à Reflexão de Fendas dos Reforços de Pavimentos Rodoviários Flexíveis*. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Escola de Engenharia da Universidade do Minho. Guimarães, Portugal.

Ministerio dos Transportes, et al. 2005. *Manual de Conservação Rodoviária*. Rio de Janeiro, Brasil.

Navarro, V.T.; Gomes, C. D. 2006. *A sustentabilidade das Obras Geotecnicas*. 10º Congresso Nacional de Geotecnia. UNL, Lisboa, Portugal.

NDOR, Nebraska Department of Roads. 2002. *Pavement Maintenance Manual*. Nebraska, USA

MDOT, Michigan Department of Transportation. 1999. *Sealing and Filling of Cracks for Bituminous Concrete Pavements*. Michigan, EUA.

Neto, J. Mascaranhas. 1790. *Método para Construir Estradas em Portugal*. Porto, Portugal

Pais, J.; Pereira, P.; Azevedo, M.. 2000. *A Reflexão de Fendas no Dimensionamento de Reforços de Pavimentos Flexíveis*. A Qualidade Rodoviária na Viragem do Século, 1º Congresso Rodoviário Português- Estrada 2000. Lisboa, Portugal.

Pereira, Paulo; Miranda, C.. 1999. *Gestão da Conservação dos Pavimentos Rodoviários*. Braga, Portugal.

Pereira, J.P..2003. *Os pavimentos e a sua evolução*. Revista da conservação do património arquitectónico e da reabilitação do edificado *Pedra & Cal* nº 19, Caso de Estudo. Lisboa, Portugal.

Petrobas, 2005. Petrobas Distribuidora S.A. Disponível em : <http://www.petrobas.com.br>

Pinto, J. I.. 2003. *Caracterização superficial de pavimentos rodoviários*, Tese de Mestrado. Porto, Portugal

Santos, Bertha; Nunes, Filipe; Rodrigues, João. 2012. *Manutenção e Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários*. Covilhã, Portugal.

SHRP, Strategic Highway Research Program. 1994. *Manuals of Practice*. Washington, DC, USA

SRD, Selecções do Reader's Digest. 1999. "*Enciclopédia da História Universal*", Lisboa, Portugal.

TxDOT, Texas Department of Transportation. 2006. *Field Manual for Crack Sealing Asphalt Pavements*. Texas, EUA

