



***FATEC - SP***

**Faculdade de Tecnologia de São Paulo**

**Departamento de Transportes e Obras de Terra**

**ADERVAL BELO DOS SANTOS DE OLIVEIRA**

**PATOLOGIAS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO, CONTROLE E  
EXECUÇÃO**

**SÃO PAULO  
2015**

**ADERVAL BELO DOS SANTOS DE OLIVEIRA**

**PATOLOGIAS NO PAVIMENTO ASFÁLTICO, CONTROLE E  
EXECUÇÃO**

Monografia apresentada a Faculdade de Tecnologia de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Tecnólogo em Construção Civil na Modalidade de Movimento de Terra e Pavimentação.

Orientador Professor Me. Josué Alves Roso

**SÃO PAULO  
2015**

Dedico este trabalho a meus pais, Sebastião e Lusia, que sempre me apoiaram, especialmente durante o período em que me achava preparado, que estiveram sempre ao meu lado acreditando que eu seria capaz.

## **AGRADECIMENTO**

A minha família, pelo apoio durante todo o curso.

Aos amigos, pela amizade e confiança.

A minha esposa, Eliana, pelo carinho, atenção e apoio para execução deste trabalho.

Ao Professor orientador, Josué Roso, pela orientação intensa durante todo o trabalho de diplomação.

## **RESUMO**

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas consultas por meio de leituras e estudos em bibliografias especializadas ao assunto, aprofundando-se nos procedimentos avaliativos existentes, sugeridos pelo DNIT, para a concepção de como seriam feitas a coleta, a identificação e a análise dos defeitos superficiais no revestimento. Enfim, para que se possa realizar a presente pesquisa foi utilizada a metodologia de pesquisa de campo e bibliográficas, observações de reparos realizados em pavimentos defeituosos e realizada uma análise entre esses procedimentos de restauração e normas vigentes. Investigar as patologias sofridas nos pavimentos asfálticos, para a elaboração de projetos de recuperação com menor custo e métodos de controle que previnam as mesmas nos pavimentos. Foram realizadas algumas observações em casos específicos nos Municípios de Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista e Jundiaí, municípios circunvizinhos da cidade de São Paulo. Os trechos observados compreenderam uma extensão de aproximadamente 270 km. A realização desse estudo de campo indicou uma necessidade de melhores estudos entre a ocorrência dos defeitos, suas patologias e formas de reparos conjugadas com as necessidades operacionais do tráfego urbano.

Palavras-chave: Camadas. Pavimentos. Patologias. Reparos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Representação esquemática das estruturas dos pavimentos, rígido e flexível.....	01
Figura 2.1 – Via Romana.....	08
Figura 2.2 - Placas de Concreto.....	11
Figura 2.3 - Sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes.....	11
Figura 4.1 - Variação da serventia com o tráfego ou com o tempo decorrido de utilização da via.....	33
Figura 7.1 - defeito e procedimento de recuperação na Avenida Duque de Caxias – V.P.....	44
Figura 7.2 - defeito e procedimento de recuperação na Avenida Ipiranga – VP.....	45
Figura 7.3 - defeito e procedimento de recuperação na Rua das Dálías – CLP .....	46
Figura 7.4 - defeito e procedimento de recuperação na Avenida S. Pedro – CLP .....	46
Figura 7.5 - defeito e procedimento de recuperação na Avenida Emilio Antonon – Jundiaí. 47	
Figura 7.6 - defeito e procedimento de recuperação na Rua Rio Claro – Jundiaí.....	47
Figura 7.7 - defeito e procedimento de recuperação na Professor R. Nelson Álvaro Figueiredo Brito - Jundiaí.....	48

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 2.1. Exemplos de composições químicas de asfaltos por tipo de cru.....	16
Tabela 3.1: Classificação e Codificação dos Defeitos.....	28
Tabela 4.1 - Níveis de Serventia.....	32
Tabela 6.1 – Percentagem de agregados que passa nas peneiras para CBVQ – Faixa C.....	42
Tabela 6.2 - Percentagem de agregados que passa nas peneiras para pré misturado a frio PMF.....	42

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials.

AASHO - American Association of State Highway Officials.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANP - Agência Nacional do Petróleo.

CNT - Confederação Nacional dos Transportes.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem.

FRN – Fundo Rodoviário Nacional.

IES – Índice do Estado de Superfície.

ICPF – Índice de Condição de Pavimento Flexível.

IGGE – Índice de Gravidade Global Expedido.

IGG – Índice Geral de Grupo.

IRI – Índice de Irregularidade Internacional.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

OAE – Obra de Arte Especial.

SGP – Sistema de Gestão de Pavimentos.

SMA – Stone Mastic Asphalt.

VLC – Levantamento Visual Contínuo.

VSA – Valor de Serventia Atual.



## SUMÁRIO

CAPÍTULO I.....	1
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVO .....	2
1.2 JUSTIFICATIVA .....	3
1.3 METODOLOGIA .....	4
CAPITULO II.....	5
2 PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....	5
2.1 - HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO.....	5
2.2 – PAVIMENTOS ASFALTICOS .....	9
2.2.1 - O ASFALTO.....	12
2.2.2 - NATUREZA DOS ASFALTOS .....	13
CAPITULO III .....	17
3 CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DOS PAVIMENTOS .....	17
3.1 - CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA.....	17
3.2 - AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS .....	19
3.3 - DEFEITOS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS .....	24
3.3.1 TIPOS DE DEFEITOS.....	25
CAPITULO IV .....	29
4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS.....	29
4.1. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO.....	31
CAPITULO V .....	34
5 SOLUÇÕES PARA RESTAURAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS.....	34
5.1. LAMA ASFALTICA.....	34

5.2. TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES OU DUPLO.....	35
5.3. MICRO RESVESTIMENTO ASFALTICO A FRIO E A QUENTE.....	36
5.4. CONCRETO ASFALTICO.....	37
5.5. MISTURA TIPO CAMADA POROSA DE ATRITO.....	37
CAPITULO VI.....	39
6. RECOMENDAÇÕES E PROCEDIMENTOS PARA A CORREÇÃO DE PATOLOGIAS ASFALTICAS.....	39
CAPITULO VII.....	45
7. CASOS OBSERVADOS E ANALIZADOS.....	45
7.1. OBSERVAÇÕES REALIZADAS NO MUNICIPIO DE VARZEA PAULISTA.....	45
7.2. OBSERVAÇÕES REALIZADAS NO MUNICIPIO DE CAMPO LIMPO PTA.....	46
7.3. OBSERVAÇÕES REALIZADAS NO MUNICIPIO DE JUNDIAÍ.....	48
CAPITULO VIII.....	50
8. ANALISES DAS OBSERVAÇÕES E SUGESTÕES.....	50
CAPITULO IX.....	52
9. CONCLUSÕES.....	52
CAPITULO X.....	53
10. SUGESTÃO.....	53
ANEXO 1. QUESTIONAMENTO A PREFEITURA SOBRE TÉCNICAS DE REPARO E SUA RESPOSTA.....	56
ANEXO 2. FOTOS DA PESQUISA DE COMPO.....	59

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO

---

Conforme Souza (1980) pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços provenientes do tráfego, proporcionar conforto, segurança, estabilidade e economia aos usuários e atendendo também condições ambientais tornando-o um empreendimento sustentável. O material do pavimento e o desenho geométrico tornam possível a drenagem evitando assim o acúmulo de água. O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Os pavimentos rígidos são aqueles em que o revestimento é uma placa de cimento Portland. Já os pavimentos flexíveis são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. A figura 1.1 demonstra esquematicamente os dois tipos de pavimento.

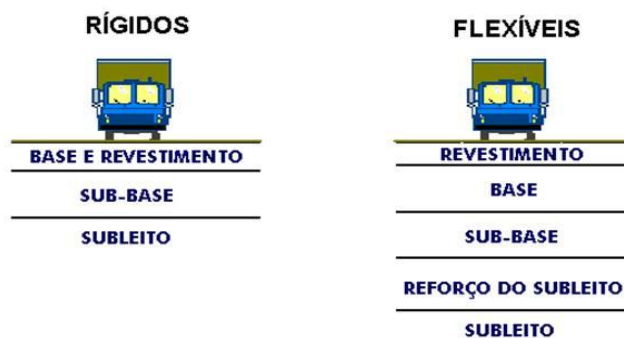


Figura 1.1 - Representação esquemática das estruturas dos pavimentos, rígido e flexível.

Fonte: projeto de pavimentos asfáltico e de cimento Portland.

O sistema viário deve atender primeiramente aos itens de segurança na trafegabilidade, depois no conforto para todos os veículos que por ele passam, sejam por lazer ou negócios. As nossas rodovias, estradas e ruas possuem topografia sinuosa, enladeirada, estreita. Podem ser antigas ou modernas que se interligam tornando assim, o deslocamento de veículos e pessoas mais simples. Mas o que se observa é que diversas ruas, avenidas, rodovias encontram-se com a capa asfáltica envelhecida, esburacada. Sendo assim, existe a necessidade

de pesquisar os principais fenômenos causadores das patologias proporcionando maior durabilidade aos pavimentos, com menor custo na sua recuperação. (SOUZA, 1980).

A finalidade de uma estrada (rodovia) é prover um meio seguro e econômico para o transporte de pessoas e mercadorias. Um pavimento em bom estado possibilita tudo isso e ainda não requer manutenção. A vida útil de um pavimento, ou seja, sua ruptura, somente é alcançada quando um de três fatores ocorre: conforto, segurança e economia, chegam ao seu limite de tolerância máxima, a partir deste ponto são necessárias intervenções.

Conforme a Confederação Nacional dos Transportes, CNT, a finalidade de uma rodovia é prover um meio seguro, confortável e econômico para o transporte de pessoas e mercadorias, sendo que a construção de uma estrada abre novos horizontes para o desenvolvimento de uma região e permite a consolidação da economia regional.

O que se deve analisar são as causas que dão início, propagam e acumulam o desgaste, pois, os materiais que são utilizados para a pavimentação podem apresentar diferentes tipos de deterioração, que podem ser causados principalmente por fatores ambientais, tais como: temperatura, teor de umidade, o ainda devido ao próprio tráfego (uso), como: carga por eixo, pressão de calibragem dos pneus, tipo de veículo, entre outros.

O que também influencia a deterioração são os tipos de materiais utilizados, sua qualidade, as técnicas e cuidados na sua construção, e, as estratégias utilizadas na manutenção e reconstrução causam problemas.

## **1.1 OBJETIVO**

O objetivo da presente pesquisa é investigar as patologias sofridas nos pavimentos asfálticos, observar reparos realizados em defeitos existentes afim de verificar e comparar esses procedimentos com normas vigentes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O foco deste tema é a consequência negativa nas vias de acesso decorrente do descaso dos órgãos públicos com a manutenção da faixa de rolamento das vias das cidades. Sendo que em São Paulo, onde, dos 19.000 km da malha viária, 14.000 km são pavimentados, e nos quais passam quase 9 milhões de automóveis da frota deste município, conforme sites das Prefeituras Municipais. Além do desgaste natural do pavimento, os defeitos podem surgir pela má execução, intempéries e a sobrecarga. Estes defeitos podem gerar problemas de alto custo para os usuários, como aumento em 38% nos custos operacionais e aumento no consumo de combustível em até 58% e até o dobro do tempo de viagem (IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2012). Também há elevados custos para o Poder Público em virtude da manutenção, pois, quanto pior estiverem às condições da via, maior serão os gastos, ocasionando um acréscimo em seu passivo, decorrente de ações por danos causados pelos defeitos nas vias.

É necessário o investimento no modal de transporte rodoviário, não apenas por ser o mais utilizado, mas por exigir menor investimento quando comparado aos demais.

Os custos com os reparos dos pavimentos são exponencialmente maiores, quando se intervém somente quando o estado já se encontra crítico (BALBO, 2007). Infelizmente essa é a condição de muitas rodovias, sobretudo vias públicas, administradas pelo estado, já que as que estão sob concessão estão em melhores condições no geral (92,7% das rodovias foram classificadas como ótimas ou boas na pesquisa da CNT de 2013).

A maioria das vias públicas apresentam problemas de patologias, principalmente em bairros residenciais e zonas periféricas, o que afeta uma grande parcela da população causando, além do desconforto, riscos de acidentes, perda de produtividade e prejuízo financeiro.

Conforme Balbo (2007), condições de avaliação bem estruturadas e também procedimentos de restauração bem direcionados proporcionam melhores condições da vida de serviço da estrutura e também, conforto, estabilidade, segurança e economia para o pavimento.

### **1.3 METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas consultas por meio de leituras e estudos em bibliografias especializadas ao assunto, aprofundando-se nos procedimentos avaliativos existentes, sugeridos pelo DNIT, para a concepção de como seriam feitas a coleta, a identificação e a análise dos defeitos superficiais no revestimento.

Foram observados defeitos nos pavimentos e acompanhada a sua recuperação, para poder avaliar os procedimentos realizados nesses defeitos. Para que o estudo fosse possível, a pesquisa contou com uma revisão bibliográfica que foi continua através de todas as suas etapas, e que, se estendeu até o seu fechamento.

Enfim, para que se possa realizar a presente pesquisa foi utilizada a metodologia de pesquisa de campo, com levantamento de obras realizadas; pesquisas bibliográficas sobre o tema; ensaios não destrutivos e análise de estruturas danificadas.

## CAPITULO II

### 2 PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

---

#### 2.1 - HISTÓRIA DA PAVIMENTAÇÃO

A bibliografia sobre o tema é vasta, frequentemente é objeto de pesquisa e projetos de profissionais dedicados à historiografia desse tipo de construção.

No Brasil, o autor Bittencourt (1958) possui um memorável apanhado dessa história desde os primeiros povos organizados até o início do século XX. Destaca-se também o esforço de Prego (2001) de concluir a ação iniciada em 1994 pela Associação Brasileira de Pavimentação, por meio de sua Comissão para Elaborar a Memória da Pavimentação.

Percorrer a história da pavimentação nos reporta à própria história da humanidade, passando pelo povoamento dos continentes, conquistas territoriais, intercâmbio comercial, cultural e religioso, urbanização e desenvolvimento. Como os pavimentos, a história também é construída em camadas e, frequentemente, as estradas formam um caminho para examinar o passado, daí serem das primeiras buscas dos arqueólogos nas explorações de civilizações antigas.

Uma das mais antigas estradas pavimentadas implantadas não se destinou a veículos com rodas, mas a trenós para o transporte de cargas. Para a construção das pirâmides no Egito (2600-2400 a.C.), foram construídas vias com lajões justapostos em base com boa capacidade de suporte. O atrito era amenizado com umedecimento constante por meio de água, azeite ou musgo molhado (Saunier, 1936). Alguns exemplos de estradas de destaque da antiguidade estão a seguir.

Na região geográfica histórica do Oriente Médio, nos anos 600 a.C., a Estrada de Semíramis cruzava o rio Tigre e margeava o Eufrates, entre as cidades da Babilônia (região da Mesopotâmia – em grego, região entre rios – que abrangia na antiguidade aproximadamente o que é hoje o território do Iraque) e Ecbatana (reino da Média, no planalto iraniano). Na Ásia Menor, ligando Iônia (Éfeso) do Império Grego ao centro do Império Persa, Susa (no Irã de hoje), há registro da chamada Estrada Real (anos 500 a.C.), que era servida de postos de correio, pousadas e até pedágio, tendo mais de 2.000km de extensão. À época de Alexandre, o Grande (anos 300 a.C.), havia a estrada de Susa até Persépolis (aproximadamente a 600km ao

sul do que é hoje Teerã, capital do Irã), passando por um posto de pedágio, as Portas Persas, possibilitando o tráfego de veículos com rodas desde o nível do mar até 1.800m de altitude.

O autor Bittencourt (1958), registra diversas referências históricas de estradas construídas na antiguidade e que atendiam à Assíria e à Babilônia, bem como velhos caminhos da Índia e da China, mesmo aqueles considerados apenas itinerários, e identificados a partir de estudos arqueológicos, históricos, agrícolas e linguísticos. Entre esses caminhos, merece destaque a chamada Estrada da Seda, uma das rotas de comércio mais antigas e historicamente importantes devido a sua grande influência nas culturas da China, Índia, Ásia e também do Ocidente. Sua localização é na região que separa a China da Europa e da Ásia, nas proximidades de um dos mais hostis ambientes do planeta, o deserto de Taklimakan, cercado ao norte pelo deserto de Gobi e nos outros três extremos pelas maiores cadeias de montanha do mundo, Himalaia, Karakorum e Kunlun. A Estrada da Seda não existia apenas com o propósito do comércio da seda, mas de diversas outras mercadorias como ouro, marfim, animais e plantas exóticas. Wild (1992) aponta que o bem mais significativo carregado nessa rota não era a seda, mas a religião, o budismo. O apogeu da estrada foi na dinastia Tang (anos 600 d.C.) e, após um período de declínio, voltou a se tornar importante com o surgimento do Império Mongol sob a liderança de Gêngis Khan (anos 1200 d.C.), por ser o caminho de comunicação entre as diversas partes do império. Um dos visitantes mais conhecidos e com melhor documentação na história da estrada foi Marco Polo, negociante veneziano, que iniciou suas viagens com apenas 17 anos em 1271 (Bohong, 1989). O declínio da estrada se deu ainda no século XIII com o crescimento do transporte marítimo na região. O interesse na rota ressurgiu no final do século XIX após expedições arqueológicas europeias.

Conforme Chevallier (1976), não havia uma construção padrão para as estradas romanas, embora características comuns sejam encontradas. As informações hoje disponíveis advêm fundamentalmente das vias remanescentes.

Segundo Adam (1994), semelhante aos dias de hoje, as vias eram compostas por uma fundação e uma camada de superfície, que variavam de acordo com os materiais disponíveis e a qualidade do terreno natural. Havia uma grande preocupação com aterros e drenagem. Em geral a fundação era formada por pedras grandes dispostas em linha de modo a proporcionar uma boa plataforma e ainda possibilitar a drenagem. A camada intermediária era então colocada sobre a fundação sólida.



Já a partir do século II, segundo Adam (1994) placas de pedras maiores começaram a ser mais usadas, em especial nas cidades principais. Nas localidades onde se trabalhava com ferro, o resíduo da produção era usado na superfície das estradas servindo de material ligante das pedras e agregados, formando assim uma espécie de placa.



Figura 2.1 – Via Romana  
Fonte: Adam (1994)

A França, segundo Bely (2001) foi à primeira, desde os romanos, a reconhecer o efeito do transporte no comércio, dando importância à velocidade de viagem. Carlos Magno, no final dos anos 700 e início dos anos 800, modernizou a França, semelhantemente aos romanos, em diversas frentes: educacional, cultural e também no que diz respeito ao progresso do comércio por meio de boas estradas, realizado por Mascarenhas Neto (1790).

Sendo assim, a partir da experiência praticada na Inglaterra, Escócia e França, e de sua própria experiência nas províncias de Portugal, Mascarenhas Neto (1790) apresenta um **Tratado para construção de estradas**, uma preciosa referência para o meio rodoviário. Destaca o autor a facilidade de se encontrar em todas as províncias do reino de então, na superfície ou em minas, o saibro, o tufo, terras calcárias e arenosas, podendo, assim, construir em Portugal estradas com menos despesas do que na Inglaterra e na França.

Na época já existia a preocupação com diversos aspectos, hoje conhecidos e importantes de se considerar para uma boa pavimentação (Mascarenhas Neto, 1790):

Drenagem e abaulamento: o convexo da superfície da estrada é necessário para que as águas, que chovem sobre ela, escorram mais facilmente para os fossos, por ser esta expedição mais convenientes à solidez da estrada;

Erosão: quando o sítio não contém pedra, ou que ela não se consegue sem longo carreto, pode suprir-se formando os lados da estrada com um marachão de terra de grossura de quatro pés, na superfície do lado externo, formando uma escarpa; se devem semear as gramas ou outras quaisquer ervas, das que enlaçam as raízes;

Distância de transporte: “o carreto de terras, que faz a sua maior mão de obra”;

Compactação: “é preciso calcar artificialmente as matérias da composição da estrada, por meio de rolos de ferro”;

Sobrecarga: “devia ser proibido, que em nenhuma carroça de duas rodas se pudessem empregar mais de dois bois, ou de duas bestas, e desta forma se taxava a excessiva carga; liberdade para o número de forças vivas, empregadas nos carros de quatro rodas, ... peso então se reparte, e causa menos ruína”;

Marcação: “todas as léguas devem estar assinaladas por meio de marcos de pedra”.

Quando se refere à América Latina, merece destaque as estradas construídas pelos incas, habitantes da região hoje ocupada pelo Equador, Peru, norte do Chile, oeste da Bolívia e noroeste da Argentina.

A avançada civilização inca construiu um sistema de estradas que abrangia terras hoje da Colômbia até o Chile e a Argentina, cobrindo a região árida do litoral, florestas, até grandes altitudes na Cordilheira dos Andes. Havia duas estradas principais correndo no sentido longitudinal.

Em termos de Brasil publicações tratam da história de estradas, só que de forma específica, como Ribas (2004). Um resumo histórico de importantes estradas no país pode ser encontrado em *História das rodovias* (Ribas, 2004).

Como o objetivo deste trabalho não é a história, este conteúdo tem a finalidade apenas de ambientar o início da pavimentação ao decorrer dos tempos no Brasil e no Mundo, sendo assim, destaca-se alguns pontos como: a criação, pelo presidente Getúlio Vargas, do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), subordinado ao Ministério de Viação e Obras Públicas. Na década de 1940 observou-se um avanço de pavimentação fruto da tecnologia desenvolvida durante a 2ª Guerra Mundial. Em 1942, houve o contato de engenheiros brasileiros com engenheiros norte-americanos que construíram pistas de aeroportos e estradas de acesso durante a guerra utilizando o então recém desenvolvido,

ensaio *California Bearing Ratio* (CBR). Neste ano o Brasil possuía apenas 1.300km de rodovias pavimentadas, uma das menores extensões da América Latina.

Somente nas décadas de 1940 e 1950 é que houve um grande impulso na construção rodoviária brasileira devido à criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1946, embasado pelo imposto sobre os combustíveis líquidos, com destaque ainda para a criação da Petrobras em 1953.

Atualmente levantamentos realizados Confederação Nacional do Transporte – (CNT) têm considerado a grande maioria dos pavimentos do Brasil de baixo conforto ao rolamento, incluindo muitos trechos da malha federal. Estima-se de 1 a 2 bilhões de reais, por ano, para manutenção das rodovias federais. Acredita-se que seriam necessários R\$ 10 bilhões para recuperação de toda a malha viária federal. Nas últimas décadas, o investimento em infraestrutura rodoviária se encontra bem aquém das necessidades do país, havendo uma crescente insatisfação do setor produtivo com esse nível de investimento.

Observa-se que os bens produzidos no país podem ser mais competitivos na fase de produção, mas perdem competitividade, notadamente, no quesito infraestrutura de transportes, devido a uma matriz modal deficiente, onde as estradas (principal meio de escoamento da produção nacional) encontram-se em estado tal que não são capazes de atender as necessidades de transporte de carga nacionais. Essa realidade nos torna pouco competitivos no mercado exterior e cria uma situação econômica nacional insustentável.

## 2.2 – PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Segundo Souza (1980) pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança.

O pavimento rodoviário classifica-se tradicionalmente em dois tipos básicos: **rígidos e flexíveis**. Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura

pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.

Conforme Souza (1980) os pavimentos de concreto cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes. Pode-se haver uma composição da estrutura que conjuguem camadas de natureza rígida com flexíveis, a esse se denomina pavimentos semirrígidos ou semiflexíveis.

Os pavimentos rígidos são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes.

As placas de concreto podem ser armadas ou não com barras de aço (Figura 2.2). Ainda conforme Souza (1980) é usual designar-se a subcamada desse pavimento como sub-base, uma vez que a qualidade do material dessa camada equivale à sub-base de pavimentos asfálticos.

Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito. O revestimento asfáltico pode ser composto por camada de rolamento – em contato direto com as rodas dos veículos e por camadas intermediárias ou de ligação, por vezes denominadas de *binder*, embora essa designação possa levar a certa confusão, uma vez que esse termo é utilizado na língua inglesa para designar o ligante asfáltico. Dependendo do tráfego e dos materiais disponíveis, pode-se ter ausência de algumas camadas. As camadas da estrutura repousam sobre o subleito, ou seja, a plataforma da estrada terminada após a conclusão dos cortes e aterros – Figura 2.3.

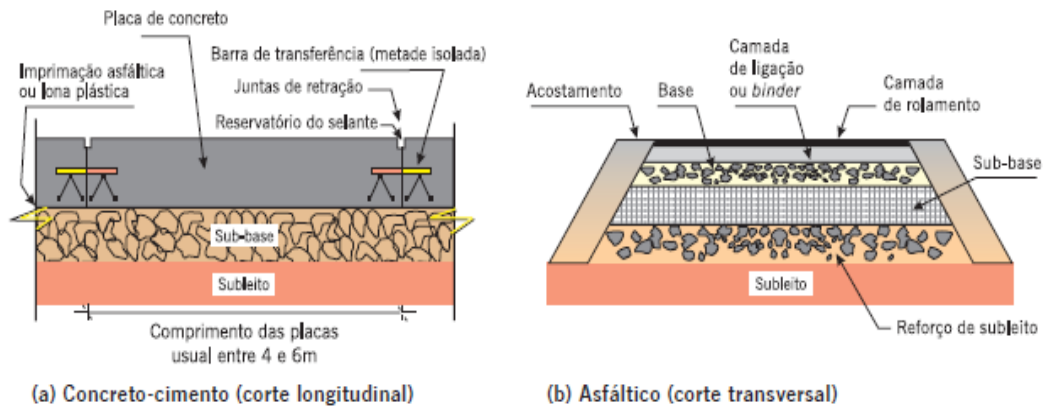


Figura 2.2 - Placas de Concreto

Fonte: Souza, 1980

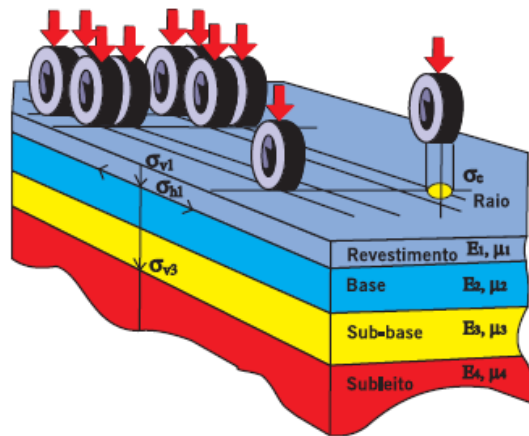


Figura 2.3 - Sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes

Fonte: (Albernaz, 1997).

O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança). (ALBERNAZ, 1997)

As tensões e deformações induzidas na camada asfáltica pelas cargas do tráfego estão associadas ao trincamento por fadiga dessa camada. Ela ainda pode apresentar trincamento por envelhecimento do ligante asfáltico, ação climática etc. Parte de problemas relacionados à deformação permanente e outros defeitos podem ser atribuídos ao revestimento asfáltico. Nos pavimentos asfálticos, as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são de grande importância estrutural. Limitar as tensões e deformações na estrutura do pavimento (Figura 2.3), por meio da combinação de materiais e espessuras das camadas constituintes, é o objetivo da mecânica dos pavimentos (Medina, 1997).

Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura.

Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. No revestimento por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito na usina denomina-se pré-misturado propriamente dito. Quando o pré-envolvimento é feito na pista denomina-se pré-misturado na pista.

### **2.2.1 - O ASFALTO**

O asfalto é um dos mais antigos e versáteis materiais de construção utilizados pelo homem. O Manual de asfalto (IA, 1989 versão em português, 2001) citado por Shell (2003) lista mais de 100 das principais aplicações desse material, desde a agricultura até a indústria. O uso em pavimentação é um dos mais importantes entre todos e um dos mais antigos também. Na maioria dos países do mundo, a pavimentação asfáltica é a principal forma de revestimento. No Brasil, cerca de 95% das estradas pavimentadas são de revestimento asfáltico, além de ser também utilizado em grande parte das ruas.

Há várias razões para o uso intensivo do asfalto em pavimentação, sendo as principais: proporciona forte união dos agregados, agindo como um ligante que permite flexibilidade controlável; é impermeabilizante, é durável e resistente à ação da maioria dos ácidos, dos álcalis e dos sais, podendo ser utilizado aquecido ou emulsionado, em amplas combinações de esqueleto mineral, com ou sem aditivos.

As seguintes definições e conceituações são empregadas com referência ao material, conforme Senço (2001):

- Betume: comumente é definido como uma mistura de hidrocarbonetos solúvel no bissulfeto de carbono;
- Asfalto: mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo de forma natural ou por destilação, cujo principal componente é o betume, podendo conter ainda outros materiais, como oxigênio, nitrogênio e enxofre, em pequena proporção;

- Alcatrão: é uma designação genérica de um produto que contém hidrocarbonetos, que se obtém da queima ou destilação destrutiva do carvão, madeira etc.

Portanto, o asfalto e o alcatrão são materiais betuminosos porque contêm betume, mas não podem ser confundidos porque suas propriedades são bastante diferentes. O alcatrão praticamente não é mais usado em pavimentação desde que se determinou o seu poder cancerígeno, além do fato de sua pouca homogeneidade e baixa qualidade em termos de ligante para pavimentação, derivada da própria forma de obtenção do mesmo.

Com a total predominância atual do ligante proveniente do petróleo na pavimentação, com o abandono do alcatrão, fica aceitável a utilização dos termos betume e asfalto como sinônimos, sendo que a grande facilidade de divulgação dos conhecimentos entre os países hoje em dia faz com que se tenha acesso a informações tanto europeias quanto americanas. (SENÇO, 2001).

Quando o asfalto se enquadra em uma determinada classificação particular, que em geral se baseia em propriedades físicas que pretendem assegurar o bom desempenho do material na obra, ele passa a ser denominado comumente pela sigla cimento asfáltico de petróleo (CAP), seguida de algum outro identificador numérico. (SENÇO, 2001).

Conforme Prego (1999), existem ainda os asfaltos naturais, provenientes de **lagos** formados a partir de depósito de petróleo que migraram para a superfície, e após processos naturais de perda de outras frações, resultaram num produto que contém betume e eventualmente materiais minerais. Foram as primeiras e únicas fontes de asfalto para os vários usos nos últimos 5.000 anos até que, no início do século XX, o domínio das técnicas de exploração de petróleo em profundidade e posterior refino tornaram a utilização dos asfaltos naturais restrita. As primeiras pavimentações asfálticas no Brasil empregaram asfalto natural, importado de Trinidad, em barris, nas ruas do Rio de Janeiro em 1908.

### **2.2.2 - NATUREZA DOS ASFALTOS**

O asfalto utilizado em pavimentação é um ligante betuminoso que provém da destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um adesivo termo viscoplástico impermeável à água e pouco reativo. A baixa reatividade química a muitos agentes não evita

que esse material possa sofrer, no entanto, um processo de envelhecimento por oxidação lenta pelo contato com o ar e a água. (SHELL, 2003).

Ainda conforme o autor Shell (2003), no Brasil utiliza-se a denominação CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) para designar esse produto semissólido a temperaturas baixas, viscoelástico à temperatura ambiente e líquido a altas temperaturas, e que se enquadra em limites de consistência para determinadas temperaturas estabelecidas em especificações que serão mostradas mais adiante.

A característica de termoviscoelasticidade desse material manifesta-se no comportamento mecânico, sendo suscetível à velocidade, ao tempo e à intensidade de carregamento, e à temperatura de serviço. O comportamento termoviscoelástico é mais comumente assumido do que o termo viscoplástico, com suficiente aproximação do real comportamento do material. O CAP é um material quase totalmente solúvel em benzeno, tricloroetileno ou em bissulfeto de carbono, propriedade que será utilizada como um dos requisitos de especificação. (SHELL, 2003).

### **2.2.3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA**

Os petróleos ou óleos crus diferem em suas propriedades físicas e químicas, variando de líquidos negros viscosos até líquidos castanhos bastante fluidos, com composição química predominantemente parafínica, naftênica ou aromática. Existem perto de 1.500 tipos de petróleo explorados no mundo, porém somente uma pequena porção deles é considerada apropriada para produzir asfalto (Shell, 2003). Como os óleos crus têm composições distintas dependendo de sua origem, os asfaltos resultantes de cada tipo também terão composições químicas distintas.

Os petróleos distinguem-se pela maior ou menor presença de asfalto em sua composição. Petróleos venezuelanos, como o Boscan e o Bachaquero, são reconhecidos mundialmente como os de melhor qualidade para a produção de asfalto para pavimentação (SHELL, 2003).

Atualmente no Brasil existem petróleos com qualidade semelhante ao Bachaquero que são utilizados para a produção de asfalto. No Brasil e em outros países são raras as plantas de produção de asfalto a partir de um único petróleo, sendo mais comum unidades de refino que produzem asfalto a partir da mistura de diversos petróleos. (SHELL, 2003).



Os CAPs são constituídos de 90 a 95% de hidrocarbonetos e de 5 a 10% de heteroátomos (oxigênio, enxofre, nitrogênio e metais – vanádio, níquel, ferro, magnésio e cálcio) unidos por ligações covalentes. Os cimentos asfálticos de petróleos brasileiros têm baixo teor de enxofre e de metais, e alto teor de nitrogênio, enquanto os procedentes de petróleos árabes e venezuelanos têm alto teor de enxofre (LEITE, 1999).

A composição química é bastante complexa sendo que o número de átomos de carbono por molécula varia de 20 a 120. A composição química do CAP tem influência no desempenho físico e mecânico das misturas asfálticas, mas sua maior influência será nos processos de incorporação de agentes modificadores tais como os polímeros. (SHELL, 2003).

Conforme Shell (2003), uma análise elementar dos asfaltos manufaturados pode apresentar as seguintes proporções de componentes: carbono de 82 a 88%; hidrogênio de 8 a 11%; enxofre de 0 a 6%; oxigênio de 0 a 1,5% e nitrogênio de 0 a 1%. A composição varia com a fonte do petróleo, com as modificações induzidas nos processos de refino e durante o envelhecimento na usinagem e em serviço. A Tabela 2.1 mostra um exemplo de composição química de alguns ligantes asfálticos.

A composição química também varia com o tipo de fracionamento a que se submete o ligante asfáltico, sendo o método mais moderno atualmente empregado, normalizado pela ASTM D 4124-01, aquele que separa as seguintes frações: saturados, nafteno-aromáticos, polar-aromáticos e asfaltenos. Os asfaltenos são separados primeiro por precipitação com adição de n-heptano, e os outros constituintes, englobados na designação genérica de maltenos, são solúveis no n-heptano e separados por cromatografia de adsorção. Na Europa utiliza-se método similar conhecido como Saturados, Aromáticos, Resinas e Asfaltenos (SARA), sendo a separação dos constituintes realizada por cromatografia de camada fina com detecção por ionização de chama (SHELL, 2003).

Origem	Mexicano	Boscan Venezuela	Califórnia Estados Unidos	Cabiúnas Brasil	Cabiúnas Brasil	Árabe Leve Oriente Médio
Refinaria	–	RLAM Bahia	–	Regap Minas Gerais	Replan São Paulo	Reduc Rio de Janeiro
Carbono %	83,8	82,9	86,8	86,5	85,4	83,9
Hidrogênio %	9,9	10,4	10,9	11,5	10,9	9,8
Nitrogênio %	0,3	0,8	1,1	0,9	0,9	0,5
Enxofre %	5,2	5,4	1,0	0,9	2,1	4,4
Oxigênio %	0,8	0,3	0,2	0,2	0,7	1,4
Vanádio ppm	180	1.380	4	38	210	78
Níquel ppm	22	109	6	32	66	24

Tabela 2.1. Exemplos de composições químicas de asfaltos por tipo de cru  
 Fonte: Leite, 2003.

## CAPITULO III

### 3 CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO DOS PAVIMENTOS

---

#### 3.1 - CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA

Conforme o Manual DNIT (2005) a conceituação de conservação rodoviária compreende o conjunto de operações rotineiras, periódicas e de emergência realizadas com o objetivo de preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário e das instalações fixas, dentro de padrões de serviço estabelecidos.

As atividades realizadas para a conservação das rodovias são parte importante de um conjunto de ações que servem para proporcionar segurança e conforto aos usuários, normalmente são voltadas para os problemas físicos do sistema rodoviário, como: as condições da mesma, como está a pavimentação, drenagem, sinalização, faixa de domínio, áreas operacionais, entre outras como veículos e equipamentos que são utilizados.

Segundo o DNIT (2005) as tarefas de conservação propriamente dita, conforme exposto, bastante diversificadas, podem ser enfocadas, em razão de suas naturezas e finalidades específicas, em 3 grupos básicos, aos quais se incorporam outros 2 grupos de tarefas com finalidades afins – 2 grupos estes cujas respectivas execuções, quando em vultos relativamente reduzidos, podem ser atribuídas às equipes de conservação.

Como exposto anteriormente estes 05 (cinco) grupos de atividades, são as Macroatividades e ainda conforme o DNIT a terminologia e as definições oficiais são:

- a) **Conservação Corretiva Rotineira:** É o conjunto de operações de conservação que tem como objetivo reparar ou sanar um defeito e restabelecer o funcionamento dos componentes da rodovia, propiciando conforto e segurança aos usuários.
- b) **Conservação Preventiva Periódica:** É o conjunto de operações de conservação, realizadas periodicamente com o objetivo de evitar surgimento ou agravamento de defeitos; Trata-se de tarefas requeridas durante o ano mas cuja frequência de execução depende do trânsito, topografia e clima. Ex.: operação tapa-buraco, fechamento de trincas, etc.
- c) **Conservação de Emergência:** É o conjunto de operações, que com o serviço ou obras necessárias para reparar, repor, reconstruir ou restaurar trechos ou estrutura da rodovia, que tenham sido seccionados, obstruídos ou danificados por um evento extraordinário, catastrófico, ocasionando a interrupção do tráfego da rodovia.

**d) Restauração:** É o conjunto de operações destinado a restabelecer o perfeito funcionamento de um bem determinado ou avariado, e restabelecer, na íntegra, suas características técnicas originais. Envolve, portanto um conjunto de medidas destinadas a adaptar a rodovia, de uma forma permanente, às condições de tráfego atuais e futuras, prolongando seu período de vida.

**e) Melhoramentos da Rodovia:** É o conjunto de operações que acrescentam à rodovia existente, características novas, ou modificam as características existentes.

Deve-se observar que as atividades citadas se referem a uma imensa variedade de serviços técnicos relativos às atividades fins, sendo que sua execução é acompanhada por outras diversas atividades e/ou serviços que auxiliam, apoiam e até complementam, e são chamados de serviços auxiliares.

A conservação rodoviária tem como seu principal objetivo preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário, além das instalações fixas dentro dos padrões de serviços estabelecidos, sendo divididos nos conjuntos de operações rotineiras, periódicas e de emergência (DNIT, 2005):

- a) Conservação preventiva rotineira: é o conjunto de procedimentos de manutenção que visa à reparação do defeito e também, restabelece o funcionamento da rodovia, resultando em conforto e segurança ao usuário.
- b) Conservação preventiva periódica: é o conjunto de procedimentos de manutenção realizado em um dado período de tempo com objetivo de evitar o surgimento e ou agravamento de novos defeitos, ou seja, tarefas requeridas durante o ano, mas dependem do trânsito, da topografia e do clima.
- c) Conservação de emergência: é o conjunto de operações necessário para reparar, repor, reconstruir trechos ou estrutura da via, que tenham sido obstruídas ou danificadas devido aos efeitos de catastróficos.

Conforme Senço (2001), as conservações de pavimentos devem dar um maior foco no estudo da conservação preventiva, ou seja, as falhas carecem de correção no momento de seu aparecimento.

O autor acrescenta ainda que a conservação deve ter como uma de suas preocupações a manutenção de obras de drenagem, tanto superficial quanto subterrânea. No caso de drenagem superficial todo o pavimento deve possuir condições de escoamento das

águas, tanto transversal como longitudinal. As galerias e as bocas de lobo devem ser mantidas desobstruídas principalmente no início das grandes chuvas, pois a água acarreta infiltração nas trincas dos pavimentos, afetando sua estrutura, expandem as deficiências existentes e até mesmo cria novas deficiências.

A conservação preventiva, quando feita periodicamente, evita o aparecimento de panelas maiores e trincas, evitando que as deficiências existentes se expandam em área ou profundidade, o que exigiria, posteriormente, um serviço de maior porte, reduzindo os custos dos reparos superficiais (NOGUEIRA, 1961).

Diferente da conservação preventiva, a restauração serve para aumentar a vida útil do pavimento, injetando um novo aporte estrutural. Para tal é necessário um Projeto de Engenharia, onde serão levados em conta conceitos técnicos, econômicos, as condições em que se encontra o pavimento e também o tráfego do local. Após estas considerações a restauração pode exigir uma restauração total, parcial ou até mesmo um pequeno reforço deste pavimento. Esta atividade é periódica e não é incluída no planejamento dos serviços de conservação.

As atividades denominadas de melhoramentos são realizadas com certa frequência, pois atendem a demanda operacional e compreendem: modificação da infraestrutura existente como: meio fio, sarjeta de concreto, descidas d'água de concreto, valeta revestida, muro de arrimo, plantio de árvores, entre outras. (NOGUEIRA, 1961).

São considerados serviços auxiliares: a mistura betuminosa usinada a frio, mistura betuminosa usinada a quente, mistura de areia e asfalto usinada a quente, mistura de areia e asfalto usinada a frio, base de brita para remendo profundo, base de solo de brita para remendo profundo, base de solo melhorado com cimento, base estabilizada granulometricamente, tubos de concreto entre outros. (NOGUEIRA, 1961).

### **3.2 - AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**

As avaliações de defeitos nos pavimentos flexíveis podem ser: Avaliação funcional, Avaliação estrutural, Avaliação de estado de superfície e Avaliação de segurança. A avaliação funcional, objetiva em caracterizar o desempenho do pavimento sob o ponto de

vista do usuário. “A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento” (BERNUCCI; MOTTA; CERATTI; SOARES, 2008), que é usualmente aferido através da medição da irregularidade longitudinal.

Segundo a NORMA IGG PRO-006 fixa os procedimentos exigíveis na avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos com base na determinação do valor do ICPF - Índice de Condição de Pavimentos Flexíveis ou semirrígidos, ao mesmo tempo em que proporciona também as informações necessárias para o cálculo do IGGE - Índice de Gravidade Global Expedito e do IES - Índice do Estado de Superfície.

Para efeito da competente avaliação são definidos PD – Padrões de Desempenho e ND – Níveis de Desempenho, atributos estes fixados em função de Especificações Técnicas a serem observadas em parâmetros e/ou atributos característicos de determinados elementos integrantes da faixa de domínio (vegetação), sinalização horizontal, sinalização vertical e iluminação - bem como de parâmetros característicos das condições funcionais e estruturais do pavimento. (DNIT 2005).

Conforme o DNIT para efeito da competente avaliação citada acima, é definido em Padrões de Desempenho - PD e Níveis de Desempenho - ND, atributos estes fixados em função de Especificações Técnicas a serem observadas em parâmetros e/ou atributos característicos de determinados elementos integrantes da faixa de domínio (vegetação), sinalização horizontal, sinalização vertical e iluminação - bem como de parâmetros característicos das condições funcionais e estruturais do pavimento.

Segundo Silva (2006) o pavimento foi desenvolvido com base em quatro objetivos: conforto de rodagem, capacidade de suportar cargas previamente dimensionadas, segurança e também para melhora estética. Dessa forma, sob o parecer técnico e do usuário, um pavimento adequado é aquele cuja superfície de rolamento seja boa, suportando cargas, possuindo ligação segura entre pneu e superfície, tanto no rolamento quanto na frenagem, possuindo ainda, uma aparência agradável.

A avaliação funcional tem como objetivo a determinação do grau de deterioração do revestimento do pavimento, com identificação dos problemas que afetam o conforto e a segurança dos pavimentos.

Para que seja realizada uma avaliação correta e que atinja os objetivos, na hora de se avaliar um pavimento, devem ser consideradas as normas técnicas do órgão responsável, o

padrão da rodovia e também as necessidades do usuário da via, pois há diferença visível de uma autoestrada com o pavimento de uma rodovia vicinal, onde cada pavimento deve ser avaliado compatível com classificação da rodovia e com a categoria de veículo que nelas trafegam.

As condições funcionais devem ser avaliadas por procedimentos adequados as características da via analisada, com utilização de vários métodos para identificação dos defeitos da superfície do pavimento. Devem ser levados em conta também os fatores que geram os defeitos identificados, tais como: o clima, solicitação do tráfego, características dos materiais empregados no pavimento e o processo construtivo, atuando de forma isolada ou simultânea. Estes parâmetros têm como objetivo: Avaliar as condições de superfície do pavimento relativas ao conforto e principalmente, à segurança oferecido aos usuários; Elaborar um inventário das principais ocorrências observadas pela presença de defeitos na superfície dos pavimentos asfálticos; Determinar por meio de medições, os fatores que causaram os defeitos na superfície dos pavimentos. Descrever e caracterizar os defeitos, identificando o tipo, a severidade e a densidade. (DNIT, 2005).

Conforme o DNIT (2005) estas avaliações (inspeções) devem ser realizadas mensalmente e seus resultados devem ser anotados em planilhas. Estas planilhas contendo os defeitos e não conformidades detectadas em cada inspeção é um importante elemento para a programação e reprogramação das atividades a serem realizadas para a conservação ou restauração dos pavimentos.

Durante uma inspeção deve-se avaliar o Terrapleno, devendo abranger o Corte, o Aterro e as Estruturas de Contenção, observando-se os obstáculos na pista, trincas nas pistas e acostamentos, necessidade de recomposição do revestimento vegetal, erosão de taludes, necessidade de limpeza nos dispositivos de drenagem das estruturas de contenção, necessidade de reparos nas estruturas de contenção, quedas de barreiras e desprendimentos de blocos nos cortes em rochas.

Deverá existir uma avaliação de criticidade, ou seja: a Criticidade é alta quando o risco pode atingir o acostamento ou mesmo a pista; a criticidade é média quando existe o risco de atingir somente o acostamento; e a criticidade é baixa quando não existe o risco de atingir o acostamento e muito mesmo a pista. (DNIT, 2005).

Deve-se avaliar o Pavimento abrangendo cada segmento do problema: pista e acostamentos considerando em separado os Pavimentos Flexíveis com o Revestimento Primário (ou Leito Natural) e os Pavimentos Rígidos. (DNIT, 2005).

Quando nos referimos aos Pavimentos Flexíveis, deverão ser registrados os defeitos detectados em termos de ocorrências de Falhas (Separadamente para FC-2 e FC-3), Ondulações na Pista, Trilhas de Roda, Exsudação, Buracos e Remendos (com a indicação dos respectivos quantitativos), Desnível entre Pista e Acostamento (com a indicação da respectiva magnitude), Ondulações Graves do Acostamento e Obstáculos Perigosos na Pista. (DNIT, 2005).

Nas avaliações das Drenagens e das Obras de Arte Correntes deverão abranger os elementos integrantes, focando em cada caso, tópico específico, sendo: Drenagem Superficial (sarjeta, valeta, meio-fio, caixas coletoras/caixas de ralo descidas d'água), Drenagem Profunda (Drenos) e Obras de Arte Correntes (Bueiros e Galerias).

Neste caso também deverá existir uma avaliação de criticidade, quando houver risco de alagamento no acostamento e na pista, a criticidade é alta; quando existe o risco de alagamento somente no acostamento a criticidade é média; e quando não existe risco de alagamento na pista e/ou acostamento a criticidade é baixa.

Ao inspecionar as Obras de Arte Especiais deve-se ter o cuidado de focar em cada caso os seus tópicos específicos, como: Aparelho de Apoio definido o total de aparelhos de apoio de cada obra, quais necessitam de substituição.

- Pavimento: necessidade de execução de reparos, substituição de peças.
- Junta e Guarda-Corpo/Guarda-Rodas: necessidade de execução de reparos ou necessidades de substituição de peças.
- Encontros: ocorrência de abatimentos ou Ocorrências de erosões no aterro
- Drenagem: necessidade de limpeza nos dispositivos de drenagem ou Sistema de drenagem deficiente, para a obra de arte em foco.
- Estrutura/Ferragem Exposta/Trinca, neste caso deve-se indicar os respectivos locais da ocorrência, exemplo: no tabuleiro, ou nas vigas, ou nos pilares ou nos blocos de



fundação ou nas estacas, sendo necessária a indicação se ocorrer em mais de um local, pois é através desta informação que se analisara pela recuperação estrutural da obra.

Conforme o DNIT (2005):

Como nas avaliações anteriores é necessária a avaliação de criticidade, sendo que: Criticidade alta Obra de Arte Especial - OAE com problemas de substituição de guarda-corpo quebrado, sistema de drenagem superficial deficiente, provocando alagamento da Pista, encontro com abatimento significativo na Pista, aparelho de apoio necessitando substituição e trincamentos e ferragens expostas generalizadas nas diversas estruturas da obra.

Criticidade média - OAE com problema de manutenção do guarda-corpo, manutenção de drenagem, seção de vazão deficiente, pavimento em más condições e juntas necessitando substituição ou reparos.

Criticidade baixa - OAE necessitando pequenos reparos, pintura e limpeza.

Para avaliar Canteiros, Inserções e Faixa de domínio deve-se analisar a recuperação da vegetação, a remoção de entulho e lixo, recuperação de parada de ônibus e monumentos, a retirada de animais na pista e a preservação do meio ambiente.

Realiza-se também a avaliação de criticidade: Para criticidade alta: Animais vivos ou mortos na pista, acostamentos e ponto de ônibus com problemas que afetem a segurança dos usuários.

Na criticidade média seria a falta da poda de árvores, animais vivos e/ou mortos em áreas de apoio e locais de monumentos, capina ou roçada em áreas próximas a dispositivo de drenagem. Já a criticidade baixa são problemas simples relacionadas apenas com os aspectos e conforto visual e ambiental do usuário.

Na Segurança e Sinalização as inspeções deverão abranger os elementos integrantes, levando em consideração cada caso especificamente.

E assim por diante analisando e observando tudo o que pode causar risco ao usuário ou desconforto.

Para se executar a conservação de um determinado trecho, o mesmo deve ser objeto de inspeções permanentes, com a finalidade de definir, localizar os defeitos, determinar as suas causas e, a partir destas observações, executar os devidos reparos.

Deve-se considerar as inspeções que, de caráter rotineiro são desenvolvidas com as finalidades de acompanhar e controlar sob todos os ângulos, o desenvolvimento dos serviços programados em execução, assim como verificar quanto à ocorrência de eventuais problemas, não incluídos no ultimo cadastro efetivado, mas que estariam merecendo tratamento preventivo ou corretivo. (DNIT, 2005).

### **3.3 - DEFEITOS NOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**

Segundo Bernucci *et al.* (2006) os defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo uma terminologia normatizada. O levantamento dos defeitos de superfície tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos e embasa o diagnóstico da situação funcional para subsidiar a definição de uma solução tecnicamente adequada.

Ainda conforme os mesmos autores podem ser diversos as causas dos defeitos nos pavimentos, elas podem surgir do dimensionamento inadequado no projeto tanto quanto podem ser oriundas da sua má execução. O dimensionamento incorreto do pavimento pode ocorrer pela dificuldade em prever o tráfego real futuro que se desenvolverá durante a vida útil do projeto. Também podem ocorrer defeitos em virtude do mau dimensionamento da superfície de terraplenagem, da incompatibilidade estrutural entre as camadas e por problemas de drenagem.

Quanto aos problemas podemos citar alguns exemplos: espessuras menores que as previstas em projeto; falta de compactação apropriada das camadas, causando deformações e afundamentos excessivos ou rupturas localizadas; técnica de compactação inadequada, com uso de equipamentos de baixa eficiência; erros nas taxas de imprimação e pintura de ligação, entre outros.

Antes da adoção de qualquer alternativa de restauração ou aplicação de qualquer método numérico ou normativo para cálculo de reforços, um bom diagnóstico geral dos defeitos de superfície é imprescindível para o estabelecimento da melhor solução. Portanto, para corrigir ou minimizar um defeito, deve-se conhecer as prováveis causas que levaram ao seu aparecimento. Para tanto, recomenda-se: verificação in loco os problemas de superfície, e estabelecimento de um cenário global dos defeitos e sua relação com todos os dados observados e levantados.

### 3.3.1 TIPOS DE DEFEITOS

A nomenclatura e classificação de cada tipo específico de defeito em pavimentos flexíveis têm como diretriz a Norma do DNIT 005/2003-TER: Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos: Terminologia.

Fendas: é qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas. Uma das formas de apresentação é a fissura, ela é descrita por essa Norma como sendo uma: *“Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m.”*. Norma DNIT 005 (2003).

Segundo Bernucci et al. (2006: 415), as fendas podem ser classificadas como fissuras “[...] quando a abertura é perceptível a olho nu apenas à distância inferior a 1,5 m [...]”. As trincas, que também são consideradas pela Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003: 2) como um tipo de fenda, podem ser descritas da seguinte forma: “Fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada”.

Esta mesma Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003: 2) subdivide as trincas de acordo com seu tipo: isoladas ou interligadas. Entre as isoladas, a Norma apresenta três tipos diferentes de apresentação, ou seja, trinca:

a) isolada transversal: aquela cuja direção predominante é perpendicular ao eixo da rodovia. Esta ainda é subdividida de acordo com o comprimento máximo que a trinca

apresenta, sendo que se este for inferior a um metro, ela será denominada trinca transversal curta e, caso contrário, trinca transversal longa;

b) isolada longitudinal: aquela cuja direção predominante é paralela ao eixo da rodovia. Apresenta, também, subdivisão conforme o comprimento máximo da trinca utilizando os mesmos limites da trinca anterior: até um metro de extensão será denominada trinca longitudinal curta e, quando apresentar comprimento superior a um metro, trinca longitudinal longa;

c) trinca de retração: esta não está associada aos fenômenos de fadiga, mas sim aos fenômenos de retração térmica, tanto do material de revestimento como da superfície de terraplenagem.

Afundamentos: seguindo as diretrizes da Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003: 3), afundamento é uma “Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação”. As duas formas de apresentação são descritas a seguir, conforme a mesma Norma, tendo-se afundamento:

a) plástico (AP): ocorre devido à fluência de um ou mais materiais constituintes das camadas que compõe a superfície de terraplenagem. De acordo com a extensão com que ocorrem, recebem uma segunda classificação: se apresenta extensão de, até, seis metros, recebe a denominação afundamento plástico local; caso apresente extensão superior a seis metros e pertencer a um plano no qual também está inserido a trilha de roda, recebe o nome de afundamento plástico da trilha de roda;

b) de consolidação (AC): ocorre devido à consolidação diferenciada em uma ou mais camadas que compõe a superfície de terraplenagem. De acordo com a extensão com que ocorrem, recebem igualmente ao afundamento plástico, uma segunda classificação: se apresenta extensão de, até, seis metros, recebe a denominação afundamento de consolidação local; caso apresente extensão superior a seis metros e pertencer a um plano no qual também está inserido a trilha de roda, recebe o nome de afundamento de consolidação da trilha de roda.

**Ondulação ou Corrugação:** conforme os autores Bernucci et al. (2006: 416), ondulação ou corrugação pode ser definida da seguinte forma:

As corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações, com comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. As ondulações são também deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito, diferenciadas da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros. Ambas são classificadas como na norma brasileira, embora sejam decorrentes de fenômenos diferentes.

**Escorregamento:** segundo a Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003: 3) define escorregamento como sendo o “Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua”.

**Exsudação:** A exsudação ocorre quando há a migração do ligante através do revestimento. Conforme Bernucci et al. (2006) apresentam mais algumas informações sobre a exsudação (EX), indicando que com a migração do ligante para a superfície do pavimento ocorre o aparecimento de manchas escurecidas.

**Desgaste:** segundo a Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003: 3) desgaste é definido como o efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego.

**Buraco ou panela:** pode ser definido segundo a Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003: 3) como uma cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

**Remendo:** conforme Bernucci et al. (2006) remendo é um tipo de defeito apesar de estar relacionado a uma conservação da superfície e caracteriza-se pelo preenchimento de panelas ou de qualquer outro orifício ou depressão com massa asfáltica.

FENDAS				CODIFICAÇÃO	CLASSE DAS FENDAS		
Fissuras				FI	-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanente excessiva e/ou decorrentes do fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Transversais	Curtas	TTC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TTL	FC-1	FC-2	FC-3
		Longitudinais	Curtas	TLC	FC-1	FC-2	FC-3
			Longas	TLL	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Jacaré"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	J	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	JE	-	-	FC-3
Trincas no revestimento não atribuídas ao fenômeno de fadiga	Trincas Isoladas	Devido à retração térmica ou dissecação da base (solo-cimento) ou do revestimento		TRR	FC-1	FC-2	FC-3
	Trincas Interligadas	"Bloco"	Sem erosão acentuada nas bordas das trincas	TB	-	FC-2	-
			Com erosão acentuada nas bordas das trincas	TBE	-		FC-3

OUTROS DEFEITOS					CODIFICAÇÃO
Afundamento	Plástico	Local	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ALP
		da Trilha	Devido à fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito		ATP
	De Consolidação	Local	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ALC
		da Trilha	Devido à consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito		ATC
Ondulação/Corrugação - Ondulações transversais causadas por instabilidade da mistura betuminosa constituinte do revestimento ou da base					O
Escorregamento (do revestimento betuminoso)					E
Exsudação do ligante betuminoso no revestimento					EX
Desgaste acentuado na superfície do revestimento					D
"Painelas" ou buracos decorrentes da desagregação do revestimento e às vezes de camadas inferiores					P
Remendos			Remendo Superficial		RS
			Remendo Profundo		RP

Tabela 3.1: Classificação e Codificação dos Defeitos  
Fonte: Norma DNIT 005 (BRASIL, 2003)

## CAPITULO IV

### 4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DOS PAVIMENTOS

---

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (BRASIL, 2006: 117) expõe a seguinte informação:

Na avaliação de pavimentos, devem ser abordadas as informações referentes aos defeitos de superfície, irregularidade, segurança, condição estrutural e tráfego. As informações devem ser condensadas no intuito de auxiliar o projetista na determinação das causas da deterioração, no desenvolvimento de alternativas de restauração.

Este Manual ainda afirma que (BRASIL, 2006: 117):

A avaliação do pavimento e o diagnóstico da situação existente requerem a coleta de uma quantidade substancial de dados sobre o pavimento. Estes dados podem ser divididos nas seguintes categorias principais:

- a) condição do pavimento da pista de rolamento;
- b) condição do acostamento;
- c) dados de projeto original do pavimento;
- d) propriedades dos materiais e do solo;
- e) volumes e cargas de tráfego;
- f) condições climáticas;
- g) condições de drenagem;
- h) fatores geométricos;
- i) aspectos de segurança (acidentes);
- j) dados históricos de conservação;
- i) outros fatores.

As informações a seguir ajudam a ter uma noção mais precisa da rotina dos procedimentos que devem ser considerados para a coleta e avaliação de pavimentos (BRASIL, 2006: 119):

- a) etapa 1: **coleta de dados no escritório:** devem ser coletados os seguintes dados: localização, ano de construção, dados de projeto, propriedades dos materiais disponíveis e do subleito (relatórios e inventários anteriores), dados de tráfego, clima e dados de construção (*“as built”*). Devem ser obtidas informações sobre o desempenho do pavimento (Sistema de Gerência de Pavimentos);
- b) etapa 2: **primeiro inventário de campo:** devem ser coletados os seguintes dados: defeitos de superfície, condições de drenagem, conforto ao rolamento, opções de controle de tráfego e aspectos de segurança;
- c) etapa 3: **primeira avaliação dos dados coletados:** devem ser avaliados os seguintes dados: estimativa da solicitação do tráfego (número N); análise dos

tipos, severidades e causas dos defeitos e a necessidade de coleta adicional de dados. Neste estágio deve ser desenvolvida uma lista de alternativas de restauração possíveis para auxiliar na avaliação da necessidade de dados adicionais.

d) etapa 4: **segundo inventário de campo:** devem ser coletados os seguintes dados: sondagem e amostragem de materiais, ensaios de deflexão, irregularidade longitudinal e resistência à derrapagem;

e) etapa 5: **ensaios em laboratório:** devem ser ensaiados os materiais quanto a: resistência, índice de vazios, densidade, granulometria e outras características;

f) etapa 6: **segunda avaliação dos dados coletados:** deve ser verificado se dados adicionais são necessários para completar o processo de avaliação,

g) etapa 7: **coleta final dos dados no campo e no escritório;**

h) etapa 8: **avaliação final do pavimento.**

Ainda de acordo com este Manual (BRASIL, 2006: 122):

Os dados coletados são fundamentais para a avaliação e o projeto da restauração devido aos seguintes fatores:

a) fornecem informações qualitativas pela determinação das causas da deterioração e para o desenvolvimento de alternativas apropriadas no reparo do defeito e na prevenção da sua recorrência;

b) fornecem informações quantitativas para estimativa de quantidades dos serviços de restauração (mão-de-obra, materiais, etc.), dimensionamento da alternativa de restauração (espessura de reforço), avaliação do estágio de deterioração e das consequências de postergar a restauração e ainda executar avaliação econômica de alternativas de restauração.

Segundo Bernucci et al. (2008: 403):

A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento. Estes mesmos autores ainda ressaltam outra ideia ao indicarem que do ponto de vista do usuário, o estado da superfície do pavimento é o mais importante, pois os defeitos ou irregularidades nessa superfície são percebidos uma vez que afetam seu conforto. Os autores ainda completam que [...] atender o conforto ao rolamento também significa economia nos custos de transporte.

Pereira (2010: 4) indica que para ser realizada a Avaliação Funcional de um pavimento, deve-se levar em consideração primeiramente a avaliação das condições de sua superfície, através da Avaliação Objetiva (IGG – Índice Geral de Grupo), Avaliação Objetiva



Expedita (VLC – Levantamento Visual Contínuo) e Avaliação Subjetiva (VSA – Valor da Serventia Atual). Depois de concluída esta etapa, o passo seguinte é proceder com a Avaliação da Irregularidade Longitudinal, através do Quociente de Irregularidade (QI).

#### **4.1. AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO**

Os pavimentos são estruturas que em geral não apresentam ruptura súbita, mas sim deteriorações funcionais e estruturais acumuladas a partir de sua abertura ao tráfego. A parcela estrutural é associada aos danos ligados à capacidade de carga do pavimento.

Conforme BERNUCCI et al (2006) a avaliação de pavimentos tem como conceitos associados:

Serventia: qualidade do pavimento, num determinado instante, quanto aos aspectos para o qual foi construído em relação ao conforto ao rolamento e segurança;

Desempenho: variação da serventia ao longo do tempo (ou do tráfego) de uso do pavimento;

Gerência: administração, gestão e otimização dos recursos aplicada ao planejamento, projeto, construção, manutenção e avaliação dos pavimentos;

Restauração: conjunto de operações destinadas a restabelecer na íntegra ou em parte as características técnicas originais de um pavimento (intervenções); incluem as ações de manutenção denominadas preventivas e reforço;

Manutenção preventiva: operação de correções localizadas que não atingem a maioria da superfície do pavimento, repondo pequena parcela da condição de serventia;

Reforço: operação de restauração onde se aproveita o valor residual da estrutura do pavimento e acrescenta-se nova camada de mistura asfáltica (também dito recapeamento). Atualmente, pode incluir a fresagem de parte do revestimento antigo além da colocação de nova camada estrutural de revestimento ou camadas de reposição de conforto ao rolamento;

Reconstrução: operação de refazer o pavimento, no todo desde o subleito, ou mais comumente atualmente a partir da sub-base por retirada total dos materiais de base e revestimentos antigos e substituição por novos materiais ou por reciclagem dos mesmos sem ou com adição de estabilizantes tais como asfalto-espuma, cimento Portland ou cal hidratada. Após a reciclagem constrói-se nova capa asfáltica como revestimento.

Na implementação do Sistema de Gestão de Pavimentos - SGP, a avaliação de pavimentos é uma das etapas mais importantes, por ser o ponto de partida para as futuras decisões neste sistema. Esta atividade possibilita que sejam definidas as condições funcionais, estruturais e operacionais dos pavimentos dos segmentos constituintes de uma malha viária em um determinado momento, mediante a obtenção dos dados fundamentais que alimentam periodicamente o SGP. (DNIT, 2011).

Conforme o DNIT, a avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação do estado de sua superfície e de como este estado influencia no conforto ao rolamento. Para este fim, dois parâmetros da avaliação são bastante consistentes, quais seja, o Valor da Serventia Atual (VSA), uma medida subjetiva baseada em notas dadas por técnicos avaliadores e o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), parâmetro determinado por meio de medições de irregularidade longitudinal, efetuadas por meio de aparelhos especificamente projetados para este fim.

O primeiro método estabelecido de forma sistemática para a avaliação funcional foi o da serventia de um dado trecho de pavimento, concebido por *Carey e Iric*, em 1960, para as pistas experimentais da *American Association of State Highway Officials (AASHO)* hoje *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*. O Valor da Serventia Atual é uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5, dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento. Esta escala compreende cinco níveis de serventia, conforme expresso na Tabela abaixo, a seguir, sendo também adotada no Brasil pelo Procedimento DNIT 009/2003-PRO. (DNIT, 2011).

<b>Padrão de conforto ao rolamento</b>	<b>Avaliação (Faixa de notas)</b>
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Tabela 4.1 - Níveis de Serventia

Fonte: Manual de Gerenciamento de Pavimentos DNIT – 2011.

O VSA é, em geral, elevado logo após a construção do pavimento, quando bem executado, pois exibe uma superfície suave, praticamente sem irregularidades. A condição de perfeição, sem qualquer irregularidade (VSA = 5), não é encontrada na prática. Como exemplo, nas pistas experimentais da AASHO, na década de 1960, foram obtidos valores de serventia atual inicial de 4,2 para pavimentos asfálticos e de 4,5 para pavimentos de concreto

cimento Portland. Com o aprimoramento das técnicas construtivas, é possível obter, nos dois tipos de pavimento, valores iniciais mais próximos da Nota 5. Portanto, o VSA, logo após o término da construção do pavimento, depende muito da qualidade executiva e das alternativas de pavimentação selecionadas. DNIT (2011).

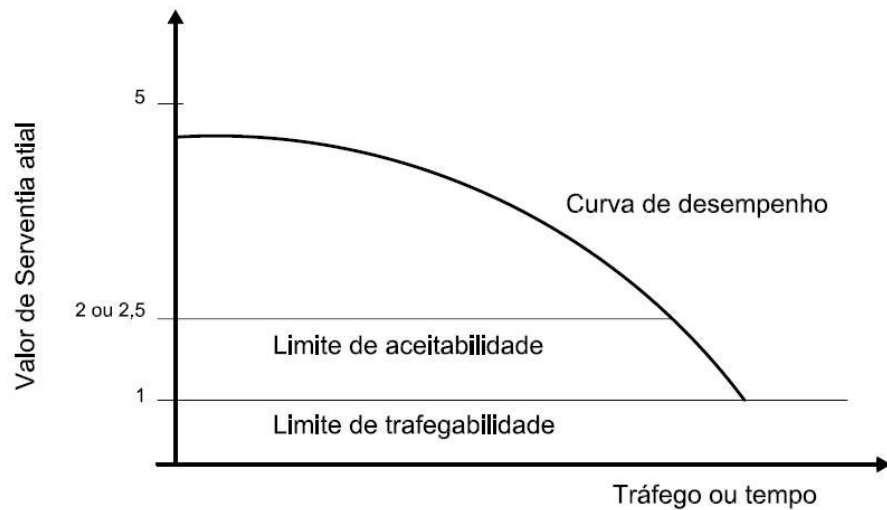


Figura 4.1 - Variação da serventia com o tráfego ou tempo decorrido de utilização da via  
Fonte: Manual de Gerenciamento de Pavimentos DNIT – 2011.

## CAPITULO V

### 5 SOLUÇÕES PARA RESTAURAÇÃO FUNCIONAL DE PAVIMENTOS

---

Bernucci et al. (2006: 466) afirmam que:

Quando não existem problemas estruturais e a restauração é necessária para a correção de defeitos funcionais superficiais, são empregados geralmente os tipos de revestimentos a seguir, isolados ou combinados e antecedidos ou não por uma remoção de parte do revestimento antigo por fresagem:

- a) lama asfáltica;
- b) tratamento superficial simples ou duplo;
- c) micro revestimento asfáltico a frio e a quente;
- d) concreto asfalto;
- e) mistura tipo camada porosa de atrito, SMA ou mistura descontínuas.

Estes tipos de revestimentos para restauração de pavimentos estão explanados na sequência do trabalho.

#### 5.1. LAMA ASFÁLTICA

A aplicação de lama asfáltica tem o objetivo de selar as trincas e rejuvenescer o pavimento (BERNUCCI et al., 2008: 466). Na Norma do Departamento Nacional de Estradas de Rodagens DNER 314 (BRASIL, 1997: 2), lama asfáltica é definida da seguinte forma: “[...] consiste na associação de agregado mineral, material de enchimento (*filer*), emulsão asfáltica e água, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada.” a referente norma, ainda afirma que “A lama asfáltica pode ser empregada como camada de selamento, impermeabilização e rejuvenescimento de pavimentos.”.

Para a execução deste processo de restauração, a lama asfáltica deve ser espalhada com velocidade baixa e uniforme. Deve-se ter cuidado com a consistência da mistura e com possíveis falhas no espalhamento, podendo gerar excesso de lama asfáltica em alguns pontos e escassez em outros. Caso haja algum destes tipos de problemas, eles devem ser corrigidos imediatamente após a execução. Utilizam-se sacos de aniagem umedecidos com a própria

lama asfáltica para fazer o acabamento final, concedendo ao pavimento um aspecto mais liso (BRASIL, 1997).

A Norma DNER 314 (BRASIL, 1997: 5) informa que:

Duas a três horas após o espalhamento da lama asfáltica, com emulsões catiônicas, a superfície tratada deverá ser liberada ao tráfego. Com emulsões aniônicas, esse prazo poderá ser bastante prolongado, dependendo das condições de ruptura da emulsão. É importante que a faixa trabalhada seja reaberta ao tráfego após a lama asfáltica ter adquirido consistência suficiente para resistir ao tráfego sem desagregar. Em segmentos sem tráfego, recomenda-se o emprego de rolos pneumáticos para melhorar a coesão da lama asfáltica.

## **5.2. TRATAMENTO SUPERFICIAL SIMPLES OU DUPLO**

O Tratamento Superficial Simples e o Tratamento Superficial Duplo servem para a selagem de trincas e restauração da aderência superficial (BERNUCCI et al., 2008). A Norma DNER 308 (BRASIL, 1997: 2) define “Tratamento Superficial Simples (TSS), a camada de revestimento do pavimento constituída de uma aplicação de ligante betuminoso coberta por uma camada de agregado mineral, submetida à compressão”. Só é permitida a execução deste serviço em dias com temperatura acima dos 10°C e que não esteja chovendo.

Para a execução do TSS é necessário, primeiramente, que se realize uma varredura do trecho, a fim de eliminar todas as partículas de sujeira e poeira. O ligante betuminoso deve ser aplicado de uma só vez em toda a largura da faixa a ser tratada. Deve-se ter um cuidado especial nas juntas transversais (entre duas aplicações sucessivas de ligante) e longitudinais (caso haja a aplicação em mais de uma faixa de tráfego). Imediatamente após aplicação do ligante betuminoso, deve-se proceder ao espalhamento do agregado em uma camada de espessura indicada em projeto. A seguir, deve-se começar a compactação do agregado e após comprimido o agregado, é recomendável que se faça uma nova varredura do trecho para retirar o material solto. Só então o trecho pode ser liberado para o tráfego (BRASIL, 1997).

A Norma DNER 308 (BRASIL, 1997: 8) afirma que:

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas régua, uma de 1,20 m e outra de 3,00 m de comprimento,

colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder 0,50 cm, quando verificada com qualquer das duas réguas.

Já a Norma DNER 309 (BRASIL, 1997), define o Tratamento Superficial Duplo (TSD) como camada de revestimento do pavimento constituída por duas aplicações sucessivas de ligante betuminoso, cobertas cada uma por camada de agregado mineral, submetidas à compressão. Com isso, nota-se que a única diferença entre o TSS e o TSD é a quantidade de camadas a serem executadas na melhoria do pavimento.

### 5.3. MICRO REVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO E A QUENTE

O micro revestimento serve para selar as trincas e restaurar a aderência superficial. A NBR 14.948 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003: 4) define:

Micro revestimento asfáltico a frio é uma mistura composta de agregado mineral, material de enchimento, *filer*, emulsão asfáltica modificada por polímero, água e aditivos se necessários, com consistência fluida, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada. O micro revestimento asfáltico a frio pode ser empregado como camada de selagem inibidora de trincas, impermeabilização, rejuvenescimento ou como camada antiderrapante de pavimentos.

Só se pode começar a aplicação do micro revestimento asfáltico a frio em dias que não tenham possibilidade de chuva e tenham temperatura do ar na faixa de 10 a 40°C. Deve-se fazer a limpeza prévia do trecho para evitar defeitos de execução. A aplicação é feita de maneira uniforme e com velocidade reduzida. A pista pode ser liberada para o tráfego após, em média, uma hora e meia após o lançamento da mistura, assim que o micro revestimento apresentar coesão suficiente (NBR 14948: 2003).

Quanto ao acabamento da superfície, a Norma DNIT 035 (BRASIL, 2005: 5) afirma que “A superfície acabada é verificada visualmente devendo se apresentar desempenada e com o mesmo aspecto e textura obtidos nos segmentos experimentais”. As especificações de limpeza, lançamento, acabamento e liberação para o tráfego do micro revestimento asfáltico a quente, seguem as mesmas diretrizes apontadas para o micro

revestimento asfáltico a frio.

#### 5.4. CONCRETO ASFÁLTICO

A Norma DNIT 031 (BRASIL, 2006: 3) define concreto asfalto como: “Mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (*filer*) se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente”. Ainda de acordo com a referida norma, “O concreto asfáltico pode ser empregado como revestimento, camada de ligação (*binder*), base, regularização ou reforço do pavimento”.

Sua execução é precedida de uma pintura de ligação, deve-se ter um cuidado especial com a temperatura do ligante (observando para cada tipo específico de ligante a sua temperatura ideal) e dos agregados – estes devem ser aquecidos a temperaturas de 10 a 15°C acima da temperatura do ligante, sendo que a temperatura de 177°C é a máxima que pode ser atingida –, após deve ser proceder à produção e transporte do concreto asfáltico e, por conseguinte, deve ser feita a distribuição e compactação da mistura. O tráfego deve ser afastado do local até o resfriamento completo do revestimento (DNIT, 2006).

#### 5.5 MISTURA TIPO CAMADA POROSAS DE ATRITO

A Norma DNER 386 (BRASIL, 1999: 2) adota a seguinte definição para este tipo de reabilitação da superfície asfáltica como sendo uma “[...] mistura executada em usina apropriada, com características específicas, constituída de agregado, material de enchimento (*filer*) e cimento asfáltico de petróleo modificado por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a quente”. Conforme esta mesma Norma, o pré-misturado a quente com asfalto polímero pode ser empregado como camada subjacente ao revestimento, com a função de camada porosa de atrito. Conforme afirmam Bernucci et al. (2006: 467) este tipo de mistura serve “[...] para melhorar a condição de atrito e o escoamento de água superficial”.

Antes de iniciar-se a execução, a camada subjacente deve apresentar-se limpa e com pintura de ligação. Deve-se ter um cuidado especial com a temperatura de aquecimento do ligante asfáltico, já que esta é uma função do teor de polímero incorporado à mistura; a temperatura dos agregados também merece uma atenção especial, devendo estar entre 10 e 15° acima da temperatura do cimento asfáltico. A distribuição do material deve ser realizada por máquinas acabadoras e caso a superfície final apresente irregularidades, estas devem ser

corrigidas através de lançamento manual da mistura e espalhados por ancinhos e rodos metálicos. Após a completa distribuição é realizada a rolagem por rolo metálico liso. O tráfego só poderá ser reaberto quando a superfície atingir seu completo resfriamento. (DNER/97)



## CAPITULO VI

### 6 RECOMENDAÇÕES E PROCEDIMENTOS PARA CORREÇÃO DE PATOLOGIA ASFALTICAS

---

Segundo Rocha (2009), todo pavimento com a proximidade do fim da sua vida útil necessita de manutenção e reparos mais frequentes. É necessário diagnosticar as patologias dos pavimentos, para adotarem-se procedimentos para sua restauração, reparos e manutenção. Com isso tem-se que determinar quais os defeitos e suas prováveis causas, determinar medidas resoluções tecnológicas e verificar qual dessas medidas é a mais viável, atendendo critérios econômicos e de projeto. As atividades de manutenção de pavimentos asfálticos consistem geralmente na execução de remendos, selagem de trincas e aplicação de capas selantes. A identificação e reparo das patologias nas fases iniciais implicam em grande eficiência dos serviços de manutenção, pois evitam a evolução dos defeitos e em consequência o aumento dos custos de operação dos veículos e os custos de manutenção ou reabilitação do pavimento, segundo Oda (2003).

Apresenta-se a seguir alguns procedimentos para recuperação recomendadas para as patologias asfálticas. Nas recuperações de trincas podemos utilizar as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e micro revestimento asfáltico.

Segundo YOSHIZANE (2005:8):

Capa selante é a atividade que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregados, continuamente sobre a superfície do pavimento, com a finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a entrada de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste causado por intemperismo.

Conforme BERNUCCI et al (2006:191):

O Tratamento Superficial consiste em aplicação de ligantes asfálticos e agregados sem mistura prévia, na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes. O tratamento superficial pode ser: Simples, Duplo ou Triplo. O tratamento conforme a seguinte sequência: ligante é colocado primeiro e o agregado depois.

O tratamento superficial apresenta as seguintes funções: proporciona uma camada de rolamento de pequena espessura, porém, de alta resistência ao desgaste; impermeabiliza o pavimento e protege a infraestrutura do pavimento; proporciona um revestimento antiderrapante; proporciona um revestimento de alta flexibilidade que possa acompanhar deformações relativamente grandes da infraestrutura. (BERNUCCI ET AL, 2006).

Segundo Bernucci et al (2006), as lamas asfálticas consistem basicamente de uma associação, em consistência fluida, de agregados minerais, material de enchimento ou *fíler*, emulsão asfáltica e água, uniformemente misturadas e espalhadas no local da obra, à temperatura ambiente.

A lama asfáltica tem sua aplicação principal em manutenção de pavimentos, especialmente nos revestimentos com desgaste superficial e pequeno grau de trincamento, sendo esse caso um elemento de impermeabilização e rejuvenescimento da condição funcional do pavimento. Este método de recuperação apresenta-se como uma das alternativas para selagem de trincas ou para rejuvenescimento do asfalto, melhorando o estado funcional do pavimento.

Ainda Bernucci et al (2006), relata que o Microrevestimento asfáltico é uma técnica que pode ser considerada uma evolução das lamas asfálticas, pois usa o mesmo princípio e concepção, porém utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a sua vida útil. É uma mistura a frio processada em usina móvel especial, de agregados minerais, fíler, água e emulsão com polímero, e eventualmente adição de fibras (ABNT NBR 14948/2003)”. No tratamento dos afundamentos plásticos, sugere-se a utilização de duas técnicas: recapeamento e fresagem.

Quando existe o comprometimento estrutural do pavimento ou perspectiva de aumento de tráfego, as alternativas de restauração ou reforço compreendem aquelas que restabelecem ou incrementam sua capacidade estrutural por meio da incorporação de novas camadas (recapeamento) à estrutura e/ou tratamento de camadas existentes (reciclagem, por exemplo). Os tipos de revestimentos utilizados como recapeamento são o concreto asfáltico, o SMA (é uma mistura a quente de graduação descontínua e densa) como camada de rolamento para resistir a deformações permanentes em vias de tráfego pesado, misturas descontínuas e o pré-misturado a quente. (BERNUCCI ET AL, 2006).

Segundo Oda (2003), na execução de remendos em condições climáticas desfavoráveis e em se tratando de remendos emergenciais, é recomendado o uso de pré-misturados a frio (PMF). No caso de reparos permanentes é recomendado o uso de CBUQ. O remendo profundo exige que haja a recuperação das camadas de sustentação do pavimento (base, sub-base ou subleito). Isso ocorre porque o buraco está numa condição de grande degradação atingindo outras camadas.

O remendo deve ser executado com um corte reto no revestimento, formando 90° com a superfície, evitando o escorregamento do revestimento, compactando-o não só no local remendado, mas ao redor para garantir selagem de possíveis trincas.

Conforme o Manual de Recuperação de Pavimento Asfáltico do DNIT os Materiais Aplicáveis para restauração são:

#### **a) Para pintura de ligação**

A pintura de ligação constitui-se na aplicação de uma camada de material betuminoso que, quando utilizado sobre a superfície de uma base ou de um pavimento, antes da execução de um novo revestimento betuminoso, promove a aderência e impermeabilização entre este revestimento e a camada subjacente.

Trata-se de uma emulsão asfáltica de ruptura rápida, tipo RR-1C, que deve estar pura até a chegada no local da aplicação. A taxa de aplicação deverá situar-se em torno de 0,8/m<sup>2</sup> a 1,01/m<sup>2</sup> após a diluição com água, máximo de 20%, a critério da fiscalização.

A emulsão asfáltica deverá atender aos critérios estabelecidos no Caderno de encargos da SUDECAP, capítulo 20 – Pavimentação, itens 20.8. e às características na especificação DNIT 145/2010 - ES.

#### **b) Para revestimento**

O revestimento constitui-se de Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) ou Pré-Misturado a Frio (PMF), de graduação densa.

Os materiais para a execução do CBUQ deverão atender as diretrizes estabelecidas no Caderno de Encargos da SUDECAP, Capítulo 20 – Pavimentação, e às características preconizadas na especificação DNIT

031/2006. A composição da mistura dos agregados deverá se enquadrar na Faixa C da referida especificação. O material betuminoso escolhido é o CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO, que atende à Resolução ANP 01/92, de 14/02/92, classificada pela viscosidade.

A composição da mistura de agregados da Faixa C DNIT 031/2006 precisa atender a seguinte graduação:

Peneiras	Abertura (mm)	Porcentagem Passando Faixa C
3/4"	19,1	100
1/2"	12,7	80-100
3/8"	9,5	70-90
Nº 04	4,8	44-72
Nº 10	2,00	22-50
Nº 40	0,42	8-26
Nº 80	0,18	4-16
Nº 200	0,075	2-10

Tabela 6.1 – percentagem de agregados que passa nas peneiras para CBUQ faixa “C”  
Fonte: DNIT (2006)

Os materiais para a execução do Pré-Misturado a Frio (PMF), de graduação densa, precisam atender as características preconizadas na Especificação DNIT 153/2010- ES

A composição da mistura de agregados deve satisfazer a seguinte graduação:

Peneiras	Abertura (mm)	Porcentagem Passando Faixa C
1"	25,4	100
3/4"	19,1	95-100
1/2"	12,7	-
3/8"	9,5	40 -70
Nº 04	4,8	20-40
Nº 10	2,0	10-25
Nº 200	0,075	0-8

Tabela 6.2 – percentagem de agregados que passa nas peneiras para PMF  
Fonte: DNIT (2010)

Os materiais asfálticos a serem utilizados deverão ser as emulsões asfálticas catiônicas, tipos, RL – 1C ou RM – 1C.

A escolha do agregado dependerá da natureza mineralógica do mesmo (rochas ácidas: gnaisses e granitos; rochas básicas calcíticas).

As dosagens do CBUQ e PMF precisam ser estudadas previamente pela empresa contratada e apresentados os resultados ao responsável da Gerência Regional de Manutenção, devendo fornecer diariamente, ou a critério do contratante, relatório de controle de qualidade dos materiais utilizados na composição do CBUQ ou PMF (agregado, ligante e emulsão asfáltica) e também do próprio CBUQ, ensaios convencionais de laboratórios. As usinas necessitam ser calibradas e os ensaios de caracterização da massa asfáltica acompanhados por laboratório credenciado.

A temperatura do CBUQ necessita estar entre 110° e 177°C. (DNIT, 2005).

Sempre que a qualidade de qualquer material ensejar dúvidas à fiscalização, esta poderá, a qualquer tempo, exigir da Contratada, a contratação de um laboratório com notória especialização e capacidade técnica, para que sejam efetuados exames, e/ou ensaios dos referidos materiais, bem como exigir certificado de origem e qualidade dos mesmos, correndo sempre estas despesas por conta da Contratada.

Segundo o DNIT em seu Manual de Conservação Rodoviária (2005), o tapa-buraco é uma operação que consiste em reparar buraco ou depressão secundária no revestimento, de modo a evitar maiores danos ao pavimento e se obter uma superfície de rolamento segura e confortável. O remendo profundo consiste em remover a base defeituosa, substituir o material de suporte deficiente por outro com suporte adequado e reparar o revestimento com mistura asfáltica. Se necessário, executar drenagem superficial e profunda. Essas ações fazem parte das ações de conservação rotineira, de caráter preventivo/corretivo.

O Manual de Conservação Rodoviário do DNIT (2005) expõe padrões de desempenho para o serviço de tapa buraco, sendo a prática de execução definida da seguinte forma:

- Colocar sinalização adequada;

- Remover o material tornando o buraco preferencialmente de forma retangular, e deixando os bordos da escavação retos e verticais;
- Varrer a área escavada;
- Aplicar uma pintura de ligação ou imprimação nos bordos e fundos do buraco.
- Colocar mistura asfáltica em camadas de 7 cm;
- Compactar camada por camada;
- Concordar as superfícies;
- Deixar a plataforma limpa e desimpedida;
- Retirar a sinalização.

As instruções recomendam que buracos de até 15 cm devem ser reconstituídos por massa asfáltica compactadas em camadas máximas de 7 cm, e buracos com profundidades maiores esses devem ser reconstituídos por camadas de agregados, ou material que ofereça o suporte necessário, de forma a oferecer suporte à camada final de concreto asfáltico, sendo que, essa camada de agregado deve ser devidamente compactada e imprimada, essas recomendações estão muito bem descritas no Manual Prático de Operações Tapa Buracos da prefeitura de Belo Horizonte. (2011).

## CAPITULO VII

### 7 CASOS OBSERVADOS E ANALISADOS

---

Foram realizadas algumas observações em casos específicos nos Municípios de Várzea Paulista, Campo Limpo Paulista e Jundiaí, municípios circunvizinhos da cidade de São Paulo. Os trechos observados compreendem uma extensão de aproximadamente 270 km.

Para os defeitos observados foram solicitados das respectivas prefeituras os procedimentos utilizados para a restauração do pavimento e os critérios utilizados para priorizar os reparos, sendo que, em alguns casos foram obtidas as respostas, mesmo que incompletas.

#### 7.1 - OBSERVAÇÕES REALIZADAS NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA

##### 7.1.1 - Av. Duque de Caxias, Várzea Paulista – 23°12'38,4"S - 46°49'39,1"W.



Figura 7.1 - Defeito e procedimento de recuperação na Av. Duque de Caxias - Várzea Paulista.

Fonte: PRÓPRIA (2015)

O defeito apresentado no caso específico da figura (7.1) representa uma panela aberta em decorrência da evolução de trinca e posterior infiltração de água o que ocasionou bombeamento e evolução do buraco e também perda de resistência da estrutura causando trincamento por fadiga ao redor do buraco.

As trincas podem ter como causa a fadiga, que é uma diminuição gradual da resistência de um material por efeito de solicitações repetidas. Nesse caso podem ser isoladas (transversais ou longitudinais) ou interligadas (couro de jacaré), normalmente concentram-se nas trilhas de roda e podem ter como causa a retração térmica ou a retração por secagem, da base ou do revestimento, nesse caso podem ser isoladas ou podem ocorrer em bloco.

Para o reparo do defeito observa-se que foi aplicado concreto asfáltico no buraco, sendo que a selagem das trincas ao redor do buraco não passaram pela selagem que os procedimentos julgam necessários.

#### 7.1.2 - Av. Ipiranga, Várzea Paulista – 23°12'36,8"S 46°49'53"W.



Figura 7.2 - Defeito e procedimento de recuperação na Av. Ipiranga - Várzea Paulista.  
Fonte: PRÓPRIA (2014)

Trincas por fadiga figura (7.2) originaram placas, dando início ao processo de formação de placas: Localização das placas: não há localização particular, mas muitas vezes esse defeito aparece próximo às trincas, pode-se observar a formação de uma placa tendo origem na formação de placas.

Sendo suas causas principais: qualidade inadequada dos materiais utilizados; infiltração de água; desagregação do material sob a ação do tráfego.



## 7.2 - OBSERVAÇÕES REALIZADAS NO MUNICÍPIO DE CAMPO LIMPO PAULISTA

### 7.2.1 - R. Das Dálias, Campo Limpo Paulista – 23°12'29,1"S 46°45'16,6"W.



Figura 7.3 - Defeito e procedimento de recuperação na R. Das Dálias - Campo Limpo Paulista.

Fonte: PRÓPRIA (2014)

No processo de formação das placas, quando uma placa de revestimento se desprende, deixa a base do pavimento exposta à ação das águas da chuva. Devido à falta do revestimento, as águas da chuva carregam o material da base e as placas se aprofundam.

O acúmulo de água nas placas pode causar danos severos à estrutura do pavimento, sendo que, a solução adequada é a restauração local da estrutura do pavimento.

O remendo é a solução muitas vezes encontrada para solucionar localmente o problema. Mas o remendo deve ser feito com restauração local da estrutura do pavimento, pois caso contrário ficará solto e o problema reaparecerá quando forem aplicadas as primeiras solicitações.

### 7.2.2 - Av. Dom Pedro, Campo Limpo Paulista – 23°12'22,1"S 46°48'05,8"W



Figura 7.3 - Defeito e procedimento de recuperação na Av. D. Pedro - Campo Limpo Paulista.  
Fonte: PRÓPRIA (2014)

O defeito dessa natureza aparece com a evolução de outros defeitos menores, ou seja, pequenas trincas que evoluem dando início ao processo de formação de panelas. Principal causa desse defeito é evolução de pequenas trincas, infiltração de água; desagregação do material sob a ação do tráfego. Esse tipo de defeito na maioria das vezes não danifica somente a superfície, mas sim, toda estrutura, portanto a solução é o reparo profundo do local.

## **7.3 - OBSERVAÇÕES REALIZADAS NO MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ**

### 7.3.1 - Av. Emílio Antonon, Jundiaí – 23°10'32,4"S 46°56'36,7"W.



Figura 7.4 - Defeito e procedimento de recuperação na Av. Emilio Antonon - Jundiaí.  
Fonte: PRÓPRIA (2014)



7.3.2 - R. Rio Claro, Jundiaí – 23°10'07,5"S 46°54'22,9"W



Figura 7.5 - Defeito e procedimento de recuperação na R. Rio Claro - Jundiaí.  
Fonte: PRÓPRIA (2014)

7.3.3 - R. Professor Nelson Álvaro Figueiredo Brito, Jardim Torres de São José, Jundiaí



Figura 7.7 - Defeito e procedimento de recuperação na R. Prof. Nelson Álvaro Figueiredo Brito - Jundiaí.

Fonte: PRÓPRIA (2014)

Com a falta de reparos, ou a demora para executar o reparo, o problema se agrava, pois, a infiltração de água na estrutura do pavimento promove perda de resistência, sendo que ele continua a sofrer solicitações do tráfego, e isso faz com que o problema se agrave causando custos, não somente dos reparos em si, mas, outros custos que envolvem desgastes de veículos, acidentes, atrasos na velocidade do tráfego entre outros.

Observou-se nessa última cidade acompanhada que os buracos foram repostos com os critérios mais aproximados dos recomendados.

## CAPITULO VIII

### 8 ANÁLISES DAS OBSERVAÇÕES E SUGESTÕES

---

A manutenção das condições de serviço de uma via, seja ela urbana ou rodoviária, depende da resposta a uma simples questão, qual o momento ideal para a intervenção no pavimento? Ou seja, até quando o defeito vai evoluir sem que aumente substancialmente os custos operacionais e quanto será investido no reparo para evitar o aumento desses custos operacionais. A decisão da intervenção depende do gerenciamento de alguns fatores para a tomada de decisão, o que se observou não ter ocorrido nos casos analisados.

Avaliação funcional e estrutural das vias é um procedimento padrão e de fácil execução, permite tomada de decisão rápida e de fácil assimilação, a maioria dos órgãos responsáveis pela pavimentação municipal, deveriam se valer dessa ferramenta em seus planejamentos, podendo estabelecer uma forma de gerenciamento que não permitisse que casos de evolução de trincas, que é um processo gradual, chegassem ao ponto de grandes panelas ou buracos nas vias públicas.

Sabe-se que em vias urbanas existem variáveis como: orçamento, período dos governantes no cargo e também a falta de uma estrutura com planejamento e projetos bem elaborados.

De acordo com o exposto ao longo deste trabalho evidencia-se que é de grande importância o conhecimento dos tipos de defeitos dos pavimentos para se constituir uma análise satisfatória das condições dos mesmos e para direcionar as melhores técnicas de recuperação.

A identificação destes defeitos pode ser feita por meio de técnicas de avaliação dos pavimentos, seja através da avaliação funcional (grau de deterioração do pavimento), de segurança (possibilidade de derrapagem numa eventual frenagem em rodovias, ruas, avenidas, etc.) ou estrutural (vida útil do pavimento), mesmo que este não apresente visualmente nenhum tipo de defeito.

Por intermédio da análise e dos resultados obtidos nestas avaliações é possível definir qual será a solução técnica mais apropriada a ser utilizada no processo de restauração do pavimento.

As soluções devem ser aplicadas utilizando-se os materiais e equipamentos adequados, conforme as instruções técnicas dos Órgãos Rodoviários. É essencial que os serviços sejam executados por equipes treinadas, supervisionadas por profissionais conhecedores das técnicas expostas.

As observações realizadas nas vias dos municípios citados e da resposta enviadas pelas prefeituras (anexas a este trabalho) pode-se observar a técnica e materiais atualmente utilizados nos inúmeros casos que cada dia surge nas vias que trafegamos pelas mais diversas necessidades, individuais ou coletivas.

Nos reparos observados pode-se notar que alguns foram realizados de forma mais rápida, para aliviar o tráfego, mas as trincas ao redor do buraco continuam. Isso faz com que o tempo de duração da operação seja reduzido pois, as infiltrações continuarão e o tráfego junto com as intempéries, causarão nova abertura do pavimento.

Observou-se também que em alguns casos, os reparos não foram executados conforme as especificações, sem os recortes e requadros especificados, isso faz com que a durabilidade do reparo seja reduzida.

Algumas avaliações que podem ser feitas sobre as operações são:

- Se houver um gerenciamento das condições da superfície das vias, os reparos e tomadas de decisões podem ter melhores critérios;

- Às vezes o reparo, sendo feito com os recortes e requadros recomendados, demandam um tempo que poderá gerar um problema operacional de tráfego, pois a faixa ficaria interditada por mais tempo, entretanto, o tempo de retorno nesse local será menor;

- Optar por reparos noturnos seria uma solução para o problema de tráfego, porém, eleva os custos dos reparos o que faz com que algumas prefeituras não os adotem;

O que se pode enfatizar nessas análises, é que existem os critérios para o reparo, entretanto, em alguns casos, os mesmos não são utilizados, portanto a realização desse estudo de campo indicou uma necessidade de melhores estudos e avaliações entre a ocorrência dos defeitos, suas patologias e formas de reparos, conjugadas com as necessidades operacionais do tráfego urbano.

## CAPITULO IX

### 9 CONCLUSÕES

---

Pode-se concluir que a realização de operações tapa buraco passa não só pela execução e reposição do material danificado, mas deve ser precedida de um projeto em que se estudem as características do material pré-existente, de forma a conformar as características do reparo com as condições existentes.

A correta execução do serviço de tapa buracos garantirá que o material novo funcionará mecanicamente semelhante à estrutura original, garantindo a sua duração durante a vida útil do projeto de pavimentação.

A adoção de critérios técnicos direcionados para os defeitos em vias públicas podem direcionar um melhor indicador para tomada de decisão.

Uma conclusão bem evidente é que critérios de gerenciamento da conservação de vias urbanas é uma necessidade, pois os levantamentos dos defeitos, a patologia dos defeitos, os reparos dos defeitos devem ser avaliados conjuntamente com as condições operacionais das vias públicas, assim, adotar-se um critério técnico para a tomada decisão, considerando, tanto os defeitos da via, quanto as necessidades do tráfego.

## CAPITULO X

### 10 SUGESTÃO

---

Uma sugestão de estudo seria a observação do tempo de retorno para reparo do defeito, ou seja, separar um grupo de reparos realizados emergencialmente sem adoção dos critérios normatizados e outros grupo de reparos realizados com adoção dos critérios normatizados. Observar a quantidade de retornos para novos reparos nos mesmos locais. Os dois grupos devem apresentar condições de serviço bem semelhantes, para proporcionar condições de análise comparativa, tanto quanto as intempéries, como no tráfego.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14.948**: microrrevestimento asfáltico a frio. Rio de Janeiro, 2003.

ADAM, J. P. **Roman building**: materials and techniques. London: B.T. Bats ford, 1994.

ALBERNAZ, Claudio Ângelo Valadão. Método Simplificado de Retroanálise de Módulos de Resiliência de Pavimentos Flexíveis a Partir da Bacia de Deflexão. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro. 1997.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys*. **ASTM D 4124.01**. West Conshohocken, 2001.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica**: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. 3. Ed. Rio de Janeiro: Petrobras, ADEBA, 2006.

BELY, L. **The history of France**. Paris: Éditions Jean-Paul Gisserot, 2001.

BITTENCOURT, E.R. **Caminhos e estradas na geografia dos transportes**. Rio de Janeiro: Editora Rodovia, 1958.

BOHONG, J. **In the footsteps of Marco Polo**. Beijing: New World Press, 1989

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico. Divisão de Capacitação Tecnológica. **DNER-ES 314/97**: pavimentação – lama asfáltica – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997 a.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO. Divisão de Capacitação Tecnológica. **DNER-ES 308/97**: pavimentação – tratamento superficial simples – especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1997b.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 005/2003-TER**: defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – terminologia. Rio de Janeiro, 2003 a.

\_\_\_\_\_. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 006/2003-PRO**: avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento. Rio de Janeiro, 2003b.

\_\_\_\_\_. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 008/2003-PRO**: levantamento visual contínuo para a avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento. Rio de Janeiro, 2003c.



\_\_\_\_\_. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **DNIT 009/2003-PRO: avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos – procedimento.** Rio de Janeiro, 2003 d.

CHEVALLIER, R. **Roman roads.** Berkeley, California: UP, 1976.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, **Pesquisa CNT de Rodovias 2012:** Brasília: 2013. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 10 março. 2015.

CONCER – COMPANHIA CONCESSÃO RODOVIÁRIA JUIZ DE FORA-RIO. **Álbum da Estrada União e Indústria.** Rio de Janeiro: Edição Quadrantim G/Concer, 1997.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos – Norma DNIT 005/2003 TER.** Rio de Janeiro, 2003.

DNIT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação.** 2ª Rio de Janeiro, 2006.

LEITE, Leni F. M. **Asfalto Modificado por Polímero Ligante Resistente a Formação de Trincas e Deformação Permanente.** In: Reunião Anual de Pavimentação. 1993. Cuiabá. Anais... Rio de Janeiro: ABPv. 1999.

NOGUEIRA, Cyro. **Pavimentação: Projeto e construção.** Rio de Janeiro, RJ: Ao livro técnico S.A., 1961.

ODA, Sandra et al, **Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos,** Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Transportes, São Carlos, Brasil, 2003.

YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. **Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico.** Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005.

RIBAS, M.C. **A história do Caminho do Ouro em Paraty.** 2. ed. Paraty: Contest Produções. 2004.


ROCHA, R.S e Costa, E.A.L. **Patologias de Pavimentos Asfálticos e Suas Recuperações.** Estudo de Caso da Av. Pinto de Aguiar. Universidade Católica de Salvador. BA. 2009.

SUDECAP - SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL. **Manual Prático de Operações Tapa Buracos.** 2ª Ed. Minas Gerais, 2011.

SILVA, Paulo Fernando. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos.** 2ª Ed. São Paulo: Pini. 2006

SOUZA, Murillo Lopes de. **Pavimentação rodoviária.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Ed., 1980.

## ANEXO 1. QUESTIONAMENTO A PREFEITURA SOBRE TÉCNICAS DE REPARO E SUA RESPOSTA



Aderval Belo <adervalbelo@gmail.com>

---

**Re: Contato - Secretaria de Serviços Urbanos**

2 mensagens

**cleonides.santos** <cleonides.santos@campolimpopaulista.sp.gov.br>  
 Para: adervalbelo@gmail.com

Boa tarde Adeval, a recomposição asfáltica, tapa buraco, é realizada com CBUQ FAIXA IV e massa fria. Obs.: a SABESP também faz recomposição asfáltica quando o serviços é executado por ela; quanto a composição, só com eles.

Grato

Cleonides

Em 2015-02-11 08:32, Aderval Belo dos Santos de Oliveira escreveu:

**Nome:** Aderval Belo dos Santos de Oliveira  
**Telefone:** 11997237829  
**E-mail:** [adervalbelo@gmail.com](mailto:adervalbelo@gmail.com)  
**Mensagem:** Bom dia, Venho solicitar informações sobre procedimento da execução e a mistura asfáltica utilizada no tapa buraco, dos seguintes locais: R. Das Dálias PQ, Internacional, Campo Limpo Paulista – 23°12'29,1"S 46°45'16,6"W Av. Dom Pedro Nº982, Campo Limpo Paulista – 23°12'22,1"S 46°48'05,8"W

---  
 Cleonides José dos Santos  
 Secretaria Serv. Urbanos  
 Prefeitura Municipal de Campo Limpo Paulista  
 Tel. / fax 4812-3708 / 4812-3729  
 Email: [cleonides.santos@campolimpopaulista.sp.gov.br](mailto:cleonides.santos@campolimpopaulista.sp.gov.br)

12 de fevereiro de 2015 15:21

---

**Aderval Belo** <adervalbelo@gmail.com>  
 Para: "cleonides.santos" <cleonides.santos@campolimpopaulista.sp.gov.br>

Boa tarde, Cleonides

Obrigado

12 de fevereiro de 2015 15:39



Prefeitura de **Jundiaí**  
Cuidar da cidade e cuidar das pessoas

Secretaria  
de Obras

Ao  
**Aluno: Aderval B. dos S. de Oliveira**  
Em 16/03/2015

**Assunto:** TCC (Patologia em pavimento).

**Referente:** Tapa buraco

### 1.1 Execução:

A área de reparo (buraco) são requadrada, com martetele ou serra diamantada, sob orientação visual, após pré demarcação com linha impregnada de pó de giz, ou outro método, que permita a formação de figuras geométricas (retângulos ou quadrados), com bordas verticais e sem partes soltas;


As áreas de reparos (buracos) são varridos e limpos de qualquer partícula solta, e os entulhos coletados após o término dos serviços e varrição final, e transportados e descartados;

A emulsão (imprimação ligante).

A temperatura de aplicação e compactação da mistura asfáltica e maior ou igual a 115°C.

### 1.2 Material:

Os materiais, concreto asfáltico Faixa V PMSP/SP-IE 03/2009, e emulsão para a pintura de ligação RR 1c.

  
**Robson José Apezáto**  
Chefe da Divisão de Pavimentação



**PREFEITURA MUNICIPAL DE VÁRZEA PAULISTA**  
**SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA URBANA**



Várzea Paulista, 16 de Abril 2015.

Da:  
Secretaria de Infraestrutura Urbana

Ao Senhor  
Aderval Belo dos Santos de Oliveira

Através desta encaminhamos a resposta do ofício sobre informações em relação ao procedimento de execução asfáltica e mistura asfáltica para tapa buraco.

Nossa Secretaria trabalha com dois tipos execução asfáltica: Asfalto massa fria e Asfalto massa quente.

Asfalto Massa frio, contém uma mistura de pedrisco mais pó de pedra ambas com 50% cada mais emulsão asfáltica. A forma de aplicação, depende da situação do buraco, quanto maior for, cortamos em volta para aplicação, porém o local não pode estar úmido, segue as etapas :

- 1 – Limpeza do local de aplicação
- 2 – Compactação do local com rolo compactador
- 3 – Aplicação da cola (emulsão asfáltica) ao redor do local
- 4 – Aplicação da massa fria no local
- 5 – Compactação com o rolo compactador para o acabamento.

Asfalto Massa quente, já vem preparada ou seja, pronta para o uso seguindo os passos de 2 à 5 da forma de massa fria.

Atenciosamente,

**RENATO GERMANO**  
Secretario de Infraestrutura Urbana

## ANEXO 2. FOTOS DA PESQUISA DE COMPO



**Observações Realizadas em Campo limpo Paulista - SP.**

R. Das Dálias PQ. Internacional.





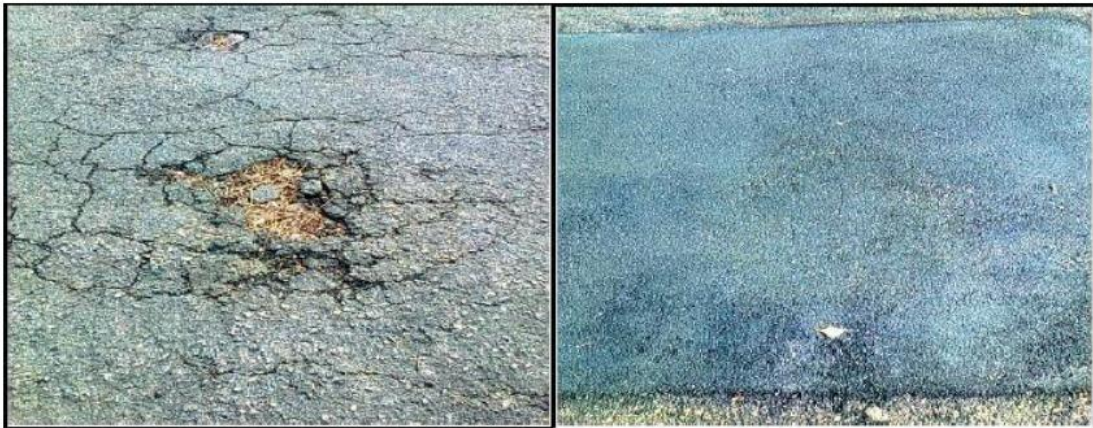
**Observações realizadas em Campo limpo Paulista - SP.**

Av. Dom Pedro.



**Observações Realizadas em Jundiaí - SP.**

Av. Emílio Antonon.



R. Rio Claro.



Rua Professor Nelson Álvaro Figueiredo Brito.





**Observações Realizadas em Jundiaí - SP.**

Rua Pedro Jansonis.



Av. André Costa.



Rua Professor Nelson Álvaro Figueiredo Brito.





**Observações Realizadas em Várzea Paulista - SP.**

Av. Duque de Caxias.



Av. Ipiranga próximo a R. Pedro Poloni.

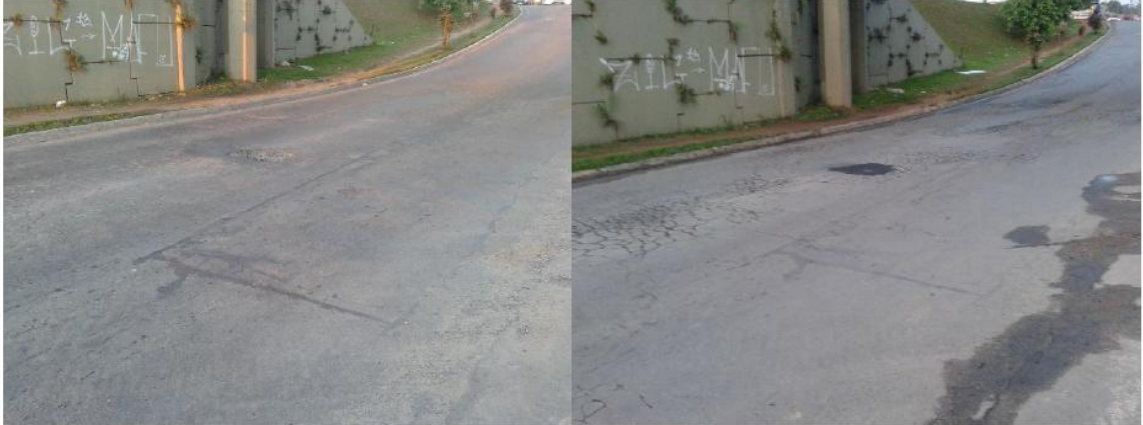


Av. Ipiranga.



**Observações Realizadas em Várzea Paulista - SP.**

Av. Ipiranga.



Marginal do Rio Jundiáí.



Rua João Neto

