

FATEC-SP

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transportes e Obras de Terra

**CARLOS EDUARDO SALSMAN
DOUGLAS INHAIA DOS SANTOS**

**GESTÃO DE MANUTENÇÃO E PRESERVAÇÃO DE
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS RODOVIÁRIOS**

**São Paulo
2013**

**CARLOS EDUARDO SALSMAN
DOUGLAS INHAIA DOS SANTOS**

**GESTÃO DE MANUTENÇÃO E PRESERVAÇÃO DE
PAVIMENTOS ASFÁLTICOS RODOVIÁRIOS**

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção de grau de Tecnólogo em Movimento de Terra e Pavimentação.

Orientador: Prof. Rogério Marques Sant'Anna

**São Paulo
2013**



FATEC-SP

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO PAULO

Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Gestão de Manutenção e Preservação de Pavimentos Asfálticos
Rodoviários.**

Carlos Eduardo Salsman & Douglas Inhaia dos Santos

Monografia aprovada pela Banca Avaliadora constituída por:

Prof. Rogério Marques Santa'Anna
Presidente e Orientador

Prof.ª Esp. Lis Eulália Cabrini

Prof.ª Andréa Chernichenco

São Paulo, 15 de junho de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus por nos guiar em nossos caminhos, nos dando entendimento e sabedoria para lidar com as diversas situações durante o desenvolvimento do trabalho.

Agradecemos também às pessoas que nos auxiliaram. Nossos pais, amigos, familiares, professores, orientador, colegas de trabalho e profissionais da área.

E um agradecimento mui especial para as empresas AFASA Construções e Comércio e GRECA Asfaltos, por contribuir mui grandiosamente conosco, disponibilizando seu tempo para nos auxiliar com informações que foram de fundamental importância para a conclusão da pesquisa.

RESUMO

Manter os sistemas de infraestrutura adequados e preservados para uso é importante para o desenvolvimento de um país. São eles: Sistema de rodovias, telecomunicações, saneamento, energia elétrica, importação e exportação de mercadorias, que geram a base de infraestrutura mínima para o desenvolvimento de um país. No caso específico das rodovias, mantê-las em boas condições de uso requer um sistema apurado de gerenciamento, para boa delegação de recursos para manutenção. Desde a década de 80 este assunto foi colocado em maior evidência através de Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos (SGP). Proposto pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR), o SGP, juntamente com as diversas pesquisas tecnológicas realizadas pelas concessionárias, distribuidoras de asfaltos e empresas do seguimento, desenvolveram diversos processos e materiais de restauro e preservação das rodovias. Dentre as novas tecnologias desenvolvidas para manutenção, o Selante de Trincas e o Micro Revestimento Asfáltico a Frio (MRAF) foram selecionados como objeto de estudo deste trabalho, onde inicialmente procurou-se estabelecer comparação econômica entre ambos, de modo a verificar qual deles seria mais viável para aplicação dentro deste critério. Foram contatadas algumas empresas do segmento de modo a coletar informações sobre os produtos. Ao final da pesquisa concluiu-se que estes materiais não podem ser comparados economicamente, pois não são soluções para o mesmo tipo de problema, mas podem ser encarados como soluções suplementares.

Palavras Chave: Manutenção. Selante de Pavimento. Micro revestimento. Gestão. Custo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Calçada de Lorena.....	1
Figura 1.2: Obra de Infraestrutura gerando renda nas proximidades	2
Figura 1.3: Viga Benkelman.....	3
Figura 1.4: Variação da serventia ao decorrer do tempo	4
Figura 1.5: Evolução da extensão pesquisada	7
Figura 2.1: Representação das camadas do pavimento Flexível	9
Figura 2.2: Evolução dos custos com manutenção x utilização do pavimento	11
Figura 2.3: Trinca isolada.....	14
Figura 2.4: Trinca Interligada – Couro de Jacaré(J).....	15
Figura 2.5: Corrugação	16
Figura 2.6: Exsudação na trilha de roda	16
Figura 2.7: Desgaste no revestimento.....	17
Figura 2.8: Panela atingindo a base	17
Figura 2.9: Escorregamento de revestimento asfáltico.....	18
Figura 2.10: Representação de polímeros formados por monômeros	18
Figura 3.1: Material Selante já aplicado na pista.....	19
Figura 3.2: Limpeza superficial com jato de ar	20
Figura 3.3: Selante sendo aplicado no asfalto	20
Figura 3.4: Selante aplicado com fresa sem nova camada de pavimento.....	21
Figura 6.1: Solução de reparo.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1: Níveis de serventia.....	4
Tabela 1.2: Custos com operação em pavimentos de qualidade ruim.....	6
Tabela 1.3: Custos com pavimentação no Brasil.....	6
Tabela 2.1: análise de serventia dos pavimentos.....	11
Tabela 2.2: Frequencia de Defeitos e contribuição no IGGE.....	13
Tabela 4.1: Faixas de Distribuição granulométrica para MRAF.....	23

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo	5
1.2	Metodologia	5
1.3	Justificativa	5
2	CONCEITOS	8
2.1	Pavimento	8
2.1.1	Pavimento Flexível	8
2.1.2	Pavimento Rígido	8
2.1.3	Camadas da estrutura	8
2.2	Manutenção	9
2.2.1	Manutenção Corretiva	9
2.2.2	Manutenção Preditiva	9
2.2.3	Manutenção Preventiva	9
2.2.4	Manutenção de Pavimentos	10
2.2.4.1	Reforço.....	10
2.2.4.2	Reconstrução	10
2.3	Serventia	10
2.4	Fadiga	12
2.5	Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE)	12
2.5.1	Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF)	12
2.6	Terminologia e tipos de defeitos em Pavimentos	13
2.6.1	Fendas (F).....	13
2.6.2	Corrugação (O)	15
2.6.3	Exsudação (EX).....	16
2.6.4	Desgaste ou Desagregação (D)	16
2.6.5	Buraco ou Panela (P)	17
2.6.6	Escorregamento (E)	17
2.7	Polímero	18
3	SELANTE ASFÁLTICO	19
3.1	Métodos de aplicação	19
3.1.1	Sem Fresa	20
3.1.2	Com Fresa.....	21
4	MICRO REVESTIMENTO	22
4.1	Métodos de aplicação	22
5	RESULTADOS	24
6	CONCLUSÕES	25
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Ao longo da história as grandes civilizações, para expandirem-se, necessitavam das estradas para trocar mercadorias com outras cidades e assim crescerem economicamente. Foi por meio do investimento em estradas que estas grandes cidades, inclusive Roma, puderam expandir e facilitar seus comércios.

No famoso império Romano, as estradas tinham tamanha importância que, por solicitação do Senado, foi decretado que o senhor de Roma ficaria responsável pela manutenção desta importante ferramenta para garantir estabilidade política, econômica, militar e para a agricultura como atividade Econômica. No Brasil, a primeira estrada pavimentada fez 151 anos e se chama **Calçada de Lorena** que ligava o Planalto Paulista ao porto de Santos (BALBO, 2008).



Figura 1.1: Calçada de Lorena
Fonte: MORALEZ (2003)

Sendo assim a qualidade das vias pode contribuir diretamente para o crescimento do país, pois proporcionam maior facilidade de transporte de mercadorias (carga) e pessoas para gerar renda. No Brasil, grande parte do transporte de carga é feito por caminhões que trafegam nas vias. “O desenvolvimento do Brasil passa pelas rodovias. Cerca de 60% das cargas e 90% das pessoas são transportadas por rodovias” (PREGO, 2001).

A citação acima revela a importância da Infraestrutura para o desenvolvimento de uma nação. Um exemplo disto está em Manaus, capital do Amazonas, onde fora construída uma ponte sobre o Rio Negro, gerando renda e empregos para a população nas cidades adjacentes à obra (Revista Rodovias&Vias 2011).



Figura 1.2: Obra de Infraestrutura gerando renda nas proximidades
Fonte: R7 NOTICIAS (2011)

Partindo deste princípio, devem-se manter em boas condições de uso as obras de infraestrutura para que se tenha maior proveito de seus benefícios para o crescimento nacional.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui uma área territorial de 8.514.876,599 km², entre municípios e estados, e necessita de boa malha viária para garantir o transporte de mercadorias e pessoas entre as regiões para gerar renda. No princípio da pavimentação, sob influências dos Estados Unidos, o Brasil começou a investir na construção de rodovias.

No princípio da década de 90, devido às fortes pressões populares no estado de Santa Catarina, foi realizado um reparo e duplicação em um trecho da rodovia BR-101 onde reduziu em 50% o índice anual de acidentes no trecho. “Então, mesmo que tardias, as melhorias são uma prova do grande interesse social para melhorias e adequações do sistema rodoviário.” (BALBO, 2008).

Anteriormente, na década de 80, o Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR) já havia identificado a necessidade de se implantar Sistemas de Gerenciamento de Pavimentos (SGP), através da publicação 745 de 2011(DNIT, 2011), que tinha como premissas básicas:

- a) Maior evidência da necessidade de manutenção oportuna e adequada da rede rodoviária, em virtude do envelhecimento dos pavimentos;
- b) As exigências dos órgãos financiadores, mais especificamente do BIRD, que passaram a estimular o emprego de técnicas racionais, visando melhores

resultados na aplicação dos programas utilizando os empréstimos financeiros;

c) A exiguidade dos recursos a serem aplicados no setor rodoviário, face às crescentes necessidades motivadas pela deterioração progressiva da rede;

d) O reconhecimento do efeito direto da condição do pavimento nos custos operacionais dos veículos, principalmente no consumo de pneus e combustíveis, nos custos de manutenção e tempo de viagem;

e) A utilização em nosso País de avançada tecnologia, envolvendo métodos e equipamentos para avaliação de pavimentos, com o emprego de processos informatizados.

O que já sugeria, desde este período, uma crescente demanda por serviços de manutenção e gerenciamento dos pavimentos, onde são estudadas as características atuais do pavimento e o tempo certo de intervenção.

Para se determinar o estado atual do pavimento, hoje se utiliza métodos de avaliações dos pavimentos através de análise visual e com alguns equipamentos, denominado Levantamento Visual Contínuo (LVC), onde as características do revestimento são avaliadas, através de métodos especificados nos manuais de Manutenção de pavimentos. De acordo com os manuais, podem ser utilizadas as Vigas Benkelman, para analisar as deformações e afundamentos no pavimento, por exemplo.



Figura 1.3: Viga Benkelman
Fonte: DNIT (2011)

As informações coletadas são inseridas em programas, como por exemplo, o Highway Design Management (HDM), onde as informações são processadas e então o gerente de pavimentos determinará o melhor tempo de intervenção.

Ademais, nas diversas literaturas sobre pavimentação, conforto e segurança para o usuário nas vias são termos que comumente se encontram. Isso indica que há grande enfoque em manter estes dois índices elevados. Abaixo, segue relação abordada por Liedi Bariani Bernucci:

Tabela 1.1: Níveis de serventia

Padrão de conforto ao Rolamento	Avaliação (faixa de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Adaptado de BERNUCCI, *et al.* (2008)

Para se manter elevado o nível de serventia, índice que mede conforto e segurança da via, é necessário manutenções para restabelecê-lo, prolongando a vida útil do pavimento.

Os pavimentos, assim como todos os materiais, estão sujeitos às intempéries, ao tempo de uso e desgaste natural. Com isso, em um determinado tempo de uso, começará a apresentar patologias que, se não forem tratadas, podem prejudicar a segurança e conforto dos usuários, conforme figura abaixo:

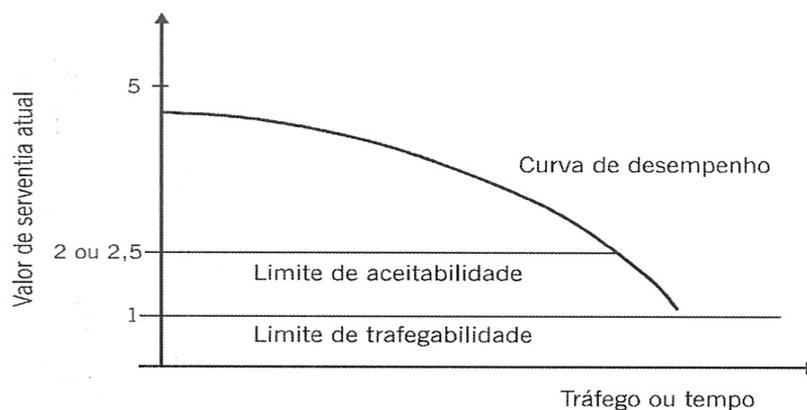


Figura 1.4: Variação da serventia ao decorrer do tempo

Fonte: BERNUCCI, *et al.*, 2008.

Com a evolução do nível de desgaste da via, os métodos, materiais e equipamentos para executar o reparo ficam mais caros de serem retificados, tornando assim o sistema de gerenciamento de pavimentos uma ferramenta importante para se aplicar melhor os recursos envolvidos na manutenção.

1.1 OBJETIVO

Comparar dois métodos de reparo em pavimentos de Concreto Asfáltico Petrolítico (CAP), que são a Selagem de Trincas e o Micro Revestimento Asfáltico a Frio (MRAF), abordando uma análise comparativa entre estes materiais para elaborar um quadro comparativo entre os dois métodos.

1.2 METODOLOGIA

Este trabalho mostra os tipos de patologias que se desenvolvem em pavimentos flexíveis, expondo a possível causa de acordo com os manuais e uma figura ilustrativa.

Para a patologia de Trincamento por Fadiga apresenta as causas e processos evolutivos em cada nível de severidade que tornam esta manutenção mais cara, com ilustrações, dando ênfase às trincas e suas causas.

Especifica as características, métodos de aplicação e custos dos materiais reparadores selecionados com base nas informações coletadas nas prestadoras de serviço contatadas e elabora um quadro comparativo para definir qual dos materiais estudados é o mais econômico para uma aplicação, levando em consideração o modo em que o serviço é medido.

1.3 JUSTIFICATIVA

Para Balbo (2008) as manutenções tomadas em tempo oportuno, isto é, no momento em que o limite do nível de aceitabilidade (Figura 1.4) já se encontra ultrapassado, geralmente são de 8 a 10 vezes mais econômicos do que se esta manutenção fosse executada quando o pavimento já não apresenta condições de tráfego (limite de trafegabilidade).

Ademais, segundo o professor Silva (2010), devido às solicitações nos pavimentos ou má execução do revestimento, podem gerar afundamento na trilha de roda, formando uma espécie de represa no pavimento. Em épocas de alto índice pluviométrico, favorecerá o efeito de aquaplanagem, que é um efeito produzido por lamina d'água entre o pavimento e o pneu do automóvel, que fatalmente aumentará o índice de acidentes se não for executada manutenção no trecho afetado do pavimento.

Fica claro então a necessidade de preservar as rodovias.

Como atualmente tem crescido muito o volume de tráfego nas rodovias, para se manter os níveis de serviço e de trafegabilidade em condições aceitáveis, é de suma importância estabelecer diretrizes de manutenção de pavimentos para garantir a segurança e conforto dos usuários e controle de custos.

A pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT) confirma que a pior qualidade do pavimento interfere nos custos para a utilização do mesmo. Isto gera impacto direto no Produto Interno Bruto (PIB), pois para o cálculo do mesmo é considerado o volume de importações e de exportações que, antes de chegar aos portos e aeroportos, passa pelo transporte de cargas pelas rodovias.

Tabela 1.2: Custos com operação em pavimentos de qualidade ruim

Evolução de custo em função da condição do pavimento				
Ano	Tempo	Custo	Combustível	Acidentes
2010	Redução de 8,7 km/h em pavimentos de qualidade ruim e de 31,7km/h em qualidade péssima	Afetam em 24,8% os custos com operação. Gera-se períodos extras de aceleração e frenagem, bem como desgastes com o veículo.	Com o aumento das frenagens, gera-se acelerações extras e maior consumo de combustível e de poluentes.	Sem falar no aumento dos óbitos, o prejuízo total foi de R\$14 bilhões.

Fonte: Adaptado de CNT (2011)

Considerando que a cada nova rodovia construída ficará uma a mais para se enquadrar nos planos de manutenção preventiva, a cada ano cresce a malha viária total, o que dificulta o bom gerenciamento. Ao comparar os dados abaixo, verifica-se que se gerou mais gastos com manutenção do que com construção. Isto se torna de fácil visualização ao observar que a extensão total de pavimentos que foram recuperados foi aproximadamente três vezes maior do que a extensão total de novas construções.

Tabela 1.3: Custos com pavimentação no Brasil

Investimentos em Infra Estrutura - R\$ 177,5 bilhões		
Objeto	Extensão (Km)	Valor (R\$)
Construção de Rodovia	9.621,00	23,7 bilhões
Duplicação de Rodovia	15.059,00	80,4 bilhões
Pavimentação	7.602,00	15,4 bilhões
Recuperação	28.718,00	45,9 bilhões
Outros	-	12,1 bilhões

Fonte: Adaptado de CNT (2012)

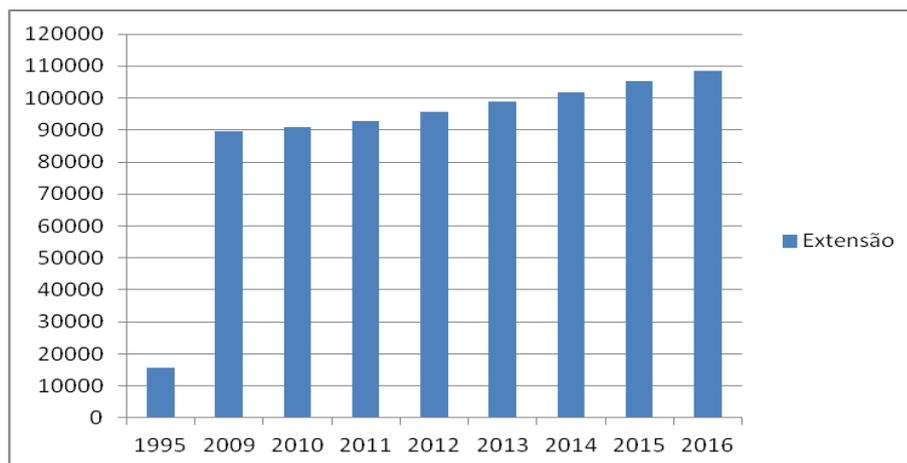


Figura 1.5: Evolução da extensão pesquisada
 Fonte: Adaptado de PESQUISA CNT (2009, 2010, 2011 e 2012)

A figura 1.5 é uma adaptação dos dados fornecidos pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT), onde foram verificadas as extensões de rodovias pesquisadas em cada ano. Na primeira pesquisa, em 1995, a CNT pesquisou 15710 km e a de 2012 foram 95707 km. Tomando a variação de 2011 para 2012, que houve crescimento de 3,6%, e estendendo esta variação como média para os anos seguintes, em 2016 a CNT pesquisaria 108522 km. Com estas informações pode-se comprovar que a extensão total de rodovias no Brasil cresce a cada ano. Isto comprova que o custo com manutenção é mais elevado que o de novas construções, porque a extensão total de estradas passíveis de manutenção é cerca de 3 vezes maior do que o de novas construções (tabela 1.3).

Também foram selecionadas as patologias por fadiga, pois, na concepção da pesquisa, eram as que mais se enquadravam com a aplicação dos materiais de reparo selecionados, pois a fadiga propicia o surgimento de fissuras superficiais, e se não receberem o devido tratamento tornam a manutenção mais onerosa, evidenciando a necessidade que estabelecer processos e diretrizes de SGP são de suma importância para a boa delegação e utilização de recursos com obras de infraestrutura.

Sempre que este assunto é tratado, verificamos que há sempre relação com utilização de recursos. Por isso um estudo mais aprofundado de métodos de reparos se faz necessário para melhor aplicação dos fundos destinados às manutenções, contribuindo ainda mais para o crescimento econômico do país.

2 CONCEITOS

2.1 PAVIMENTO

Pavimento, estrutura responsável por fornecer conforto e segurança ao usuário ao trafegar nas vias, independente da época do ano. Sem esta estrutura, os veículos trafegariam diretamente sobre o solo que não resistiria aos esforços dos veículos sem sofrer deformações permanentes. (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

É uma estrutura construída sobre a última camada de terraplenagem e tem a função de resistir aos esforços oriundos do tráfego; melhorar condições de rolamento, isto é, garantir conforto e segurança aos usuários e; resistir aos esforços horizontais, permitindo uma superfície de rolamento durável (ABNT, 1982)

As estruturas dos pavimentos são formadas por camadas granulares, muitas vezes de solo, e do revestimento. Tais camadas são denominadas Subleito, Reforço da Sub-base, Sub-base e Base.

Os revestimentos são constituídos por três materiais básicos: ligante, agregado e/ou aditivos. Os ligantes podem ser de origem do petróleo ou de cimento *Portland*.

2.1.1 Pavimento Flexível

Tem seu ligante do revestimento de origem do petróleo. É o mais utilizado nas rodovias brasileiras e uma de suas características importantes é a facilidade e reduzido custo de manutenção (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.1.2 Pavimento Rígido

Seu revestimento é constituído de concreto de cimento *Portland*, e sua utilização vem crescendo no Brasil. Difere do Flexível em durabilidade, entretanto não há manutenção das placas de concreto, sendo necessária sua substituição em casos de desgaste (BERNUCCI *et al.*, 2008).

2.1.3 Camadas da estrutura

Os pavimentos são construídos em camadas sendo o Subleito, Base e Revestimento as mais comuns. Dependendo da demanda do tráfego, pode-se acrescentar outras camadas estruturais, como sub-base e reforço do subleito (BERNUCCI *et al.*, 2008).



Figura 2.1: Representação das camadas do pavimento Flexível
Fonte: GOUVEIA 2012

2.2 MANUTENÇÃO

Com o uso das construções, elas naturalmente terão seu desgaste. Com isso, gera-se a necessidade de repará-las, restaurando assim suas condições iniciais, preservando seu valor para a sociedade. Se não forem tomadas as medidas de manutenção, as construções serão retiradas de serviço muito tempo antes de cumprida sua vida útil projetada.

É inviável sob o ponto de vista econômico e inaceitável sob o ponto de vista ambiental considerar as edificações como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas construções quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido pelos seus usuários. (ABNT, 1999).

2.2.1 Manutenção Corretiva

Visa corrigir, restaurar, recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação, que tenha cessado ou diminuído sua capacidade de exercer as funções às quais foi projetado. (ABNT, 1999).

2.2.2 Manutenção Preditiva

É o acompanhamento periódico dos equipamentos, baseado na análise de dados coletados através de monitoração ou inspeções em campo. (ABNT 5674, 1999).

2.2.3 Manutenção Preventiva

Manutenção planejada que previne a ocorrência corretiva (ABNT 5674, 1999).

Operação de correções localizadas que não atingem a maioria da superfície do pavimento, repondo pequena parcela da condição de serventia (BERNUCCI *et al*, 2008).

2.2.4 Manutenção de Pavimentos

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 (BERNUCCI *et al*, 2008).

2.2.4.1 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 (BERNUCCI *et al*, 2008).

2.2.4.2 Reconstrução

Operação de refazer o pavimento, no todo desde o subleito, ou mais comumente 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 (BERNUCCI *et al*, 2008).

2.3 *SERVENTIA*

Qualidade do pavimento, num determinado instante, quanto aos aspectos para o qual foi construído em relação ao conforto ao rolamento e segurança (Tabela 1.1) (BERNUCCI *et al*, 2008).

É o nível de serviço (ou trafegabilidade) que um dado pavimento oferece para os usuários sem interferir no conforto ao rolamento. Este conceito e valor estão diretamente relacionados ao tempo de manutenção ideal em relação ao mínimo aceitável.

Para Balbo (2008) manutenções preventivas em pavimentos, são até 10 vezes mais econômicas do que manutenções corretivas (reconstruções) nos pavimentos:

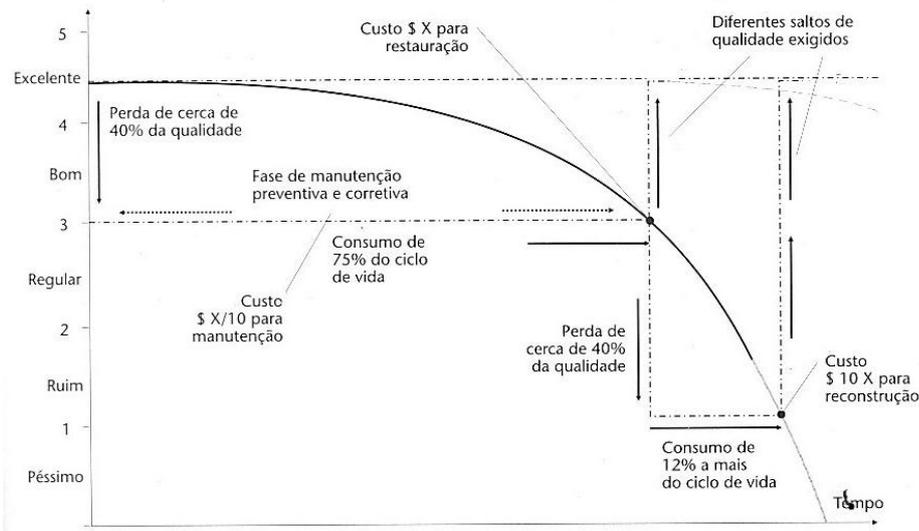


Figura 2.2: Evolução dos custos com manutenção x utilização do pavimento
 Fonte: BALBO (2008)

Estudos relacionados à serventia são efetuados a fim de medir o quanto um pavimento é resistente à deformação permanente, quando o pavimento não retorna à sua espessura inicial. Utilizando-se de uma mesma faixa granulométrica, vários tipos de pavimentos de Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ) foram submetidos às solicitações e apresentaram deflexões permanentes. Os resultados a seguir demonstram as deflexões para 10.000 e 30.000 solicitações.

Tabela 2.1: análise de serventia dos pavimentos

Misturas Asfálticas Densas (CBUQ) moldadas com os seguintes ligantes asfálticos		
	Deformação Permanente a 60°C e 10.000 ciclos (%) Tráfego leve e médio	Deformação Permanente a 60°C e 30.000 ciclos (%) Tráfego pesado
CAP 50/70	4,7	6,2
CAP 30/45	4,1	5,5
CAP + 1,2% de Elvaloy	3,5	4,5
FLEXPAVE 55/75	3,5	4,2
FLEXPAVE 60/85	2,4	3,2
FLEXPAVE 65/90	2,6	3,1
ECOFLEX B	2,5	3,2
Especificação LCPC	Máx. 10	Máx. 5

Fonte: MASSARANDUBA *et al.* (20--)

A perda de serventia está associada a processos de degradação estrutural dos pavimentos, que ocorrem de maneira progressiva (Fadiga) em função da infiltração de água. Em vias onde não são executadas manutenções periódicas, este processo se acelera, tornando

assim o nível de serventia mais baixo, e com isso eleva os custos com manutenção, os custos operacionais do tráfego e afeta a segurança dos usuários.

2.4 FADIGA

Denomina-se Fadiga o fenômeno onde os materiais, quando sucessivamente solicitados, desenvolvem uma perda de resistência interna, que conseqüentemente gera perda das características estruturais iniciais (BALBO, 2008).

Ao contrário dos alcatos de concreto, o ligante asfáltico possui grande resistência às deformações permanentes, as quais são geradas pouco a pouco com as solicitações do tráfego. No entanto, tais deformações possuem limites, a partir dos quais qualquer esforço de tração causa microfissuras na estrutura do material. Tais microfissuras são responsáveis pela perda progressiva de resistência, facilitando o surgimento de fissuras na parte superior do pavimento (BALBO 2008).

Conforme o pavimento vai sendo gradualmente danificado, chegará o momento em que ocorrerá o rompimento funcional do mesmo, onde as características de conforto e segurança encontram-se ultrapassadas. Assim a fadiga está estritamente relacionada com a serventia no que diz respeito ao tráfego solicitante através do tempo.

2.5 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL EXPEDITO (IGGE)

Classificação do pavimento em função do levantamento dos defeitos encontrados, seguindo a norma 008/2003-PRO do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (DNIT, 2003).

O calculo do IGGE envolve vários fatores:

2.5.1 Índice de Condição do Pavimento Flexível (ICPF)

É estimado com base na avaliação visual do pavimento, classificando-o segundo os conceitos da tabela 1.3.

Tal levantamento consiste em calcular a média dos valores encontrados no Levantamento Visual Continuo (LVC), anexo C da norma citada, levantado por dois ou mais avaliadores, sendo calculado com a seguinte expressão:

$$IGGE = (P_t + F_t) + (P_{oap} + F_{oap}) + (P_{pr} + F_{pr})$$

Onde:

- Ft, Pt = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;
- Foap , Poap = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- Fpr , Ppr = Frequência (quantidade por km) e Peso do conjunto de panelas e remendos (DNIT 2003).

Abaixo a planilha que é utilizada para determinação dos defeitos e a sua respectiva contagem ou contribuição para o calculo do IGGE:

Tabela 2.2: Frequencia de Defeitos e contribuição no IGGE

Frequencia de defeitos		
Panelas (P) e Remendos (R)		
Código	Frequencia	Quant./km
A	Alta	≥ 5
M	Média	2 à 5
B	Baixa	≤ 2
Demais Defeitos		
Código	Frequencia	% por km
A	Alta	≥ 50
M	Média	50 à 10
B	Baixa	≤ 10

Fonte: ADAPTADO de DNIT (2003)

2.6 TERMINOLOGIA E TIPOS DE DEFEITOS EM PAVIMENTOS

Para classificação dos defeitos, utiliza-se a norma: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia do DNIT (DNIT, 2003).

Os pavimentos flexíveis, por estarem sujeitos ao tráfego, intempéries e desgaste natural, com o tempo desenvolvem patologias que são base para cálculo do IGG e podem ser classificadas da seguinte maneira:

2.6.1 Fendas (F)

São aberturas na superfície asfáltica, sendo originadas geralmente por fadiga, e podem ser classificadas como fissuras ou trincas (SILVA, 2010).

As patologias derivadas das Fendas representam um dos defeitos mais significativos em pavimentos flexíveis e podem ainda ser classificadas de acordo com a gravidade (ou severidade) e com a tipologia.

A gravidade é caracterizada por classe 1 (fendas com abertura não superior a 1mm); classe 2 - fendas com abertura superior a 1mm; e classe 3 fendas com abertura superior a 1mm e desagregação ou erosão junto às bordas.

Quanto à tipologia, as trincas isoladas podem ser: transversais curtas (TTC) ou transversais longas (TTL), longitudinais curtas (TLC) ou longitudinais longas (TLL), ou ainda de retração (TRR).

As trincas interligadas são subdivididas em: trincas de bloco (TB) quando tendem a uma regularidade geométrica, ou ainda (TBE) quando as trincas de bloco apresentam complementarmente erosão junto às suas bordas; ou trincas tipo couro de jacaré (J) (BERNUCCI, 2008).

Para SILVA (2010) a fadiga está estritamente relacionada com a repetição de carga de veículo comercial, sendo que as trincas que tem como causa a fadiga podem ser as Trincas Isoladas (transversais ou longitudinais) e posteriormente as interligadas (Couro de Jacaré J), sendo que as interligadas apresentam estágio avançado de fadiga.



Figura 2.3: Trinca isolada
Fonte: PRÓPRIA (2012)



Figura 2.4: Trinca Interligada – Couro de Jacaré(J)
Fonte: PRÓPRIA (2012)

Sendo assim, o pavimento começa se deteriorando pelo método da fadiga, gerando algumas fissuras iniciais, no caso as Trincas Isoladas. Se não forem tratadas estas fissurações, acelera o processo de degradação e perda de serventia, com o avanço das trincas isoladas (transversais ou longitudinais) para as interligadas (J). Ao final do processo, as trincas evoluem tornando a manutenção mais onerosa, eleva o custo para o tráfego e ainda interferem na segurança do usuário.

2.6.2 Corrugação (O)

São ondulações transversais ao eixo da pista, intercalando depressões e elevações, onde a distancia entre cristas varia entre centímetros e dezenas de centímetros. (BERNUCCI, 2008).

As corrugações são comuns quando existe excesso de revestimento asfáltico e em locais onde há frenagem e aceleração de veículos, como por exemplo, corredores de ônibus. (SILVA, 2010).



Figura 2.5: Corrugação
Fonte: BERNUCCI, *et al.*(2008)

2.6.3 Exsudação (EX)

Surgimento de ligante em abundância na superfície, como manchas escurecidas e em geral nas trilhas de roda, decorrente em geral do excesso do mesmo na massa asfáltica (BERNUCCI *et al.* 2008; SILVA, 2010).



Figura 2.6: Exsudação na trilha de roda
Fonte: BERNUCCI, *et al.* (2008)

2.6.4 Desgaste ou Desagregação (D)

Decorre do desprendimento de agregados da superfície ou ainda da perda de coesão junto aos agregados (BERNUCCI *et al.*, 2008).



Figura 2.7: Desgaste no revestimento
Fonte: BERNUCCI, *et al.* (2008)

2.6.5 Buraco ou Panela (P)

É uma cavidade no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes (BERNUCCI, *et al.*, 2008).

É a evolução máxima da fadiga e das fissuras, passando inicialmente pelas isoladas evoluindo para as interligadas e por ultimo, devido à grande desagregação do revestimento, culmina no aparecimento de buracos na via (SILVA, 2010).



Figura 2.8: Panela atingindo a base
Fonte: PRÓPRIA (2012)

2.6.6 Escorregamento (E)

Ocorre devido à alta fluência do revestimento asfáltico ou falta de aderência nas camadas subjacentes (BERNUCCI, *et al.*, 2008).



Figura 2.9: Escorregamento de revestimento asfáltico
Fonte: BERNUCCI, *et al.* (2008)

2.7 POLÍMERO

São compostos químicos formados por “n” monômeros (LIRA, 2013).

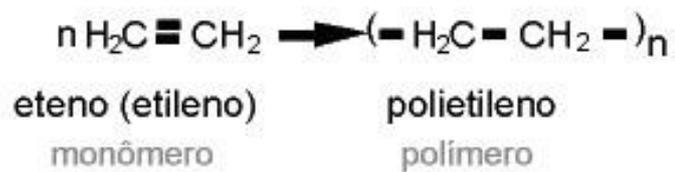


Figura 2.10: Representação de polímeros formados por monômeros
Fonte: LIRA (20--)

Na pavimentação, utilizam-se polímeros na mistura asfáltica para conferir elasticidade e resistência à deformação por elevação térmica juntamente com solicitações no asfalto. Apesar de incrementar o custo inicial do pavimento, os polímeros podem reduzir os custos com a manutenção porque aumentam o período para uma intervenção.

3 SELANTE ASFÁLTICO

Material asfáltico, enriquecido com polímeros e aditivos (GOUVEIA, 2012).

É o material aplicado nas fissuras dos pavimentos de modo a impedir a infiltração de água e assim assegurando ao pavimento uma vida útil mais prolongada, aumentando também o tempo necessário para intervenção (GOUVEIA, 2012).

Possui características muito elásticas, capaz de trabalhar junto com a estrutura do pavimento para impedir que as camadas subjacentes sejam atingidas por água ou materiais particulados (SAFATLE, 2013).



Figura 3.1: Material Selante já aplicado na pista
Fonte: GOUVEIA (2012)

3.1 MÉTODOS DE APLICAÇÃO

Primeiramente são levantadas as fissurações transversais e longitudinais do pavimento por uma análise visual do mesmo. Nesta análise, é verificado se há fissurações em Bloco no pavimento. As trincas que formam blocos (trincas em Bloco) só podem ser tratadas com dimensões mínimas de 0,5 m x 0,5 m. Após esta verificação, é executada limpeza da superfície com jato de ar comprimido (GOUVEIA, 2012).



Figura 3.2: Limpeza superficial com jato de ar
Fonte: GOUVEIA (2012)

Após a limpeza o selante é aplicado com mangueira e uma válvula reguladora na extremidade, onde existe uma chapa de forma circular, de modo a facilitar o acabamento no pavimento. Deve-se deixar um excesso de selante com 3mm de altura e, no máximo, 80mm de largura para proteção das fissuras.



Figura 3.3: Selante sendo aplicado no asfalto
Fonte: GOUVEIA (2012)

3.1.1 Sem Fresa

Limpeza da área a ser tratada e simples aplicação do material selante sem abertura de fenda no revestimento asfáltico. Opcionalmente executa-se o revestimento asfáltico sobre a selagem, que irá proteger contra a abrasão dos pneus dos veículos (GOUVEIA, 2012).

3.1.2 Com Fresa

Com uma máquina fresadora, é executado um corte de dimensões 1cm x 1cm de modo a criar uma represa de selante no pavimento, aumentando também a sua aderência e resistência. Com o método de fresagem pode-se não utilizar outra camada de revestimento (GOUVEIA, 2012).

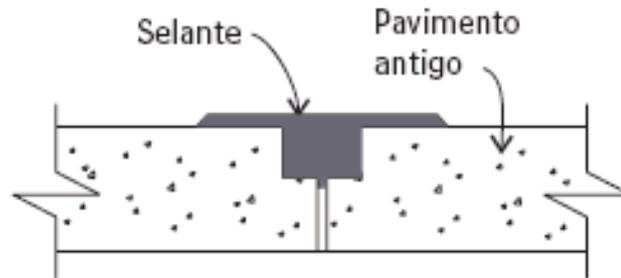


Figura 3.4: Selante aplicado com fresa sem nova camada de pavimento
Fonte: GOUVEIA (2012)

4 MICRO REVESTIMENTO

Os Micros Revestimentos Asfálticos a Frio (MRAF) são argamassas pré-misturadas que possuem cerca de 40% de pedrisco (diâmetro $\phi \geq 4mm$), sendo normalmente elaborados com emulsões de asfalto modificados por polímeros. Suas espessuras variam de 8mm a 20mm (BALBO, 2008).

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), conforme a Especificação de Serviço (ES) número 035/2004,

[...] sua composição varia em agregados minerais, material para enchimento (fíller), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, água e aditivos se necessário, com consistência fluida, uniformemente espalhada em superfície previamente preparada (DNIT, 2004).

Essa técnica pode ser utilizada como camada de selagem contra trincas, impermeabilização, mas com a finalidade principal de rejuvenescimento e camada antiderrapante de pavimentos, não possuindo assim coeficiente estrutural (DNIT, 2004).

4.1 MÉTODOS DE APLICAÇÃO

A superfície do trecho a ser aplicado o material, deve estar livre de impurezas sólidas sobre a superfície do pavimento, e outras substâncias prejudiciais. Os defeitos que eventualmente existam deverão ser tratados. No caso de fissuras não estruturais, uma selagem de trincas antes da aplicação consegue sanar as necessidades mínimas.

Não é usual a pintura de ligação para o micro revestimento, mas essa será adotada se a superfície estiver extremamente desgastada ou fissurada, medida essa que só será utilizada caso o reparo seja para pavimentos em concreto de cimento Portland.

A execução dos serviços não poderá ocorrer em dias chuvosos e deverá ser evitada caso a temperatura ambiente fique abaixo de 10 °C ou superior a 40 °C para evitar problemas com o material.

O equipamento utilizado para os serviços é o caminhão-usina, que é disposto alinhado à meia pista. Para formar a mistura a ser aplicada, aciona-se as comportas de alimentação da emulsão, dos agregados, da água e do fíller.

Quando o caminhão parte, deve atentar-se à velocidade para que não haja irregularidades na pista em decorrência do espargimento inadequado, com o mínimo de variações, e com a consistência da mistura, que poderá ser regulada com a quantidade de água com a válvula de alimentação de modo a obter aspecto homogêneo.

Falhas que possam surgir ao final da aplicação poderão ser corrigidas imediatamente após a execução. Para acabamento final nessas áreas onde a superfície provavelmente ficará áspera, a mesma é alisada com passagem de algum tecido espesso embalsamado com a emulsão ou com a própria mistura (DNIT 035/2004 – ES).

Tabela 4.1: Faixas de Distribuição granulométrica para MRAF

Faixas recomendadas para MRAF			
Peneiras	Faixa I	Faixa II	Faixa III
9,5	100	100	100
4,75	100	90-100	70-90
2,36	90-100	65-90	45-70
1,18	65-90	45-70	28-50
#30	40-65	30-50	19-34
#50	25-42	18-30	12-25
#100	15-30	10-21	7-18
#200	10-20	5-15	5-15

Fonte: Adaptado de BALBO (2008)

5 RESULTADOS

Comparando as informações da figura 1.4, com a descrição do item 2.6.1, verificou--se que as solicitações nos pavimentos geram desgaste e perda de resistência, diminui a sua serventia e conseqüentemente aumentam os custos com a manutenção e que também interferem nos usuários, tanto no que diz respeito à segurança e conforto quanto aos custos que o mesmo terá para trafegar na via, como nos mostra a pesquisa da CNT de 2012 (tabela 1.5).

A partir disto infere-se que manter os níveis de serventia em boa condição de uso é imprescindível para a segura e econômica utilização da via. Entretanto é necessário também investir nos procedimentos, materiais e equipamentos para realizar as manutenções rotineiras.

Foram contatadas algumas empresas do segmento e os seus comentários a respeito dos materiais são os seguintes:

Para o selante, o diretor da AFASA Construções e Comércio, Danilo Safatle, informou que o material é recomendado para a aplicação de fissuras ou trincas. Segundo ele, estas fissuras superficiais, bem definidas no pavimento e sem interligações, são os locais onde as tensões deixaram de atuar porque o pavimento já as absorveu. É um indício do local ideal para fazer a selagem, para evitar que água ou materiais particulados se infiltrem nas camadas subjacentes (SAFATLE, 2013).

Para o micro revestimento, o contato foi com a empresa GRECA Asfaltos, onde nos foi passado algumas características do material, bem como algumas tecnologias. O MRAF é utilizado para cobrir pequenas imperfeições do tipo Segregações (ou Desgaste - D), Pavimento “oxidado” (velho) ou para cobrir pequenas fissurações, ou seja, é uma solução de revestimento, como o próprio nome já sugere, podendo também ser utilizado para conferir ao pavimento rejuvenescimento de superfície anti-derrapante e drenante. Não é recomendado se o pavimento apresentar fissurações porque as mesmas acabariam aparecendo novamente na superfície do pavimento (GIOVANETTI, 2013).

6 CONCLUSÕES

A Infraestrutura do Brasil sem dúvida interfere no crescimento nacional e do PIB e por isso faz-se necessário manter em bom estado de conservação e utilização destes meios para o bom desenvolvimento do país.

Observa-se no decorrer do trabalho que ao passo que o pavimento vai se deteriorando, os custos com manutenção vão se elevando, tornando a manutenção mais onerosa (Figura 2.2). Então, para o ramo de infraestrutura contribuir ainda mais com o desenvolvimento nacional deve-se investir de modo a desenvolver novas pesquisas de SGP e materiais para melhor aproveitamento de recursos financeiros, pois a maioria das tecnologias para manutenção de pavimentos são importadas prontas de outros países e por isso em muitos casos não se adequam com a realidade do Brasil, sem falar também que a cada obra finalizada, é acrescentado uma rodovia a mais nos planos de manutenção.

Com base nas informações coletadas nas visitas às empresas, comparando as informações apresentadas durante todo o trabalho, conclui-se que os métodos de reparo por Selagem de Trinca e de Micro Revestimento Asfáltico a Frio não podem ser comparados, pois não se tratam de soluções para o mesmo tipo de problema.

O material Selante possui características muito elásticas, e é capaz de voltar ao volume original com deformações grandes. Já o MRAF não possui estas características e por isso não impede a evolução da fissura. Isto significa que a própria definição de fadiga inviabiliza a sua aplicação.

Podem, entretanto, serem encarados como soluções suplementares, ou seja, aplica-se o selante para vedar as fissuras, impedindo a fissura de continuar evoluindo para patologias piores e depois se aplica a camada de MRAF para rejuvenescer a superfície e também para conferir melhor aspecto visual no pavimento.

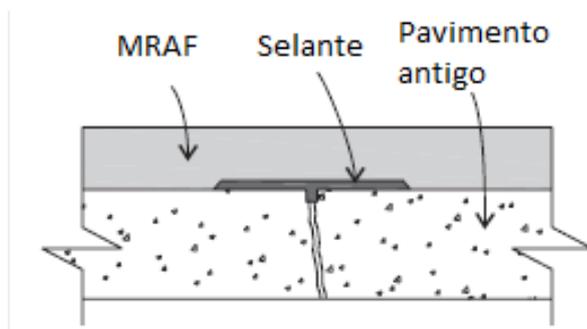


Figura 6.1: Solução de reparo
Fonte: GOUVEIA 2012

De acordo com as informações passadas pela GRECA uma solução de Micro Revestimento chamada *Stress Absorbing Membrane Interlayer – SAMI*, tecnologia muito difundida nos Estados Unidos e na África do Sul tem se mostrado muito resistente às deflexões das trincas superficiais. Tendo em mãos estes conhecimentos é possível comparar os dois métodos. Assim estas informações ficam como sugestão para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5674 – Manutenção de Edificações**. Rio de Janeiro, 1999.

_____. **NBR 7207 – Terminologia e classificação de pavimentação: terminologia**. Rio de Janeiro, 1982.

BALBO, T. J. **Pavimentação Asfáltica – Materiais Projeto e Restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 558 p.

BERNUCCI, L. L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 2008.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2009**. Brasília: CNT/SEST/SENAT, 2009. (Relatório Gerencial). Disponível em: <http://www.sistamacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2009/arquivos/pdf/corredores/apresentacao_novo.pdf> Acesso em: 25 maio 2013.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2010**. Brasília: CNT/SEST/SENAT, 2010. (Relatório Gerencial). Disponível em: <<http://www.sistamacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2010/>>. Acesso em: 25 maio 2013.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2011**. Brasília: CNT/SEST/SENAT, 2011. (Relatório Gerencial). Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/Edicao-2011.aspx>>. Acesso em: 25 maio 2013.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Pesquisa CNT de Rodovias 2012**. Brasília: CNT/SEST/SENAT, 2012. (Relatório Gerencial). Disponível em: <<http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/Relatorio-geral.aspx>>. Acesso em: 25 maio 2013.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Gerencia de Pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011. 189 p. Diretoria de Planejamento de Pesquisas – Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR. Publ., 745).

_____. **Deflectógrafo Lacroix é verificado no IPR**. 1 figura. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/deflectografo_lacroix/def_lacoix.html>. Acesso em: 31 maio 2013.

_____. **DNIT 008 – Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **DNIT 035 – Micro Revestimento Asfáltico a Frio – Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2004.

GIOVANETTI, Kim. RES: RES: RES: Contato FATEC – Edson de Moura.[Mensagem pessoal]. Mensagem recebida de: < kim.giovanetti@grecaasfaltos.com.br> em 25 de mar.2013.

GOUVEIA, Lilian. **Selagem asfáltica de fissura de pavimentos**. [S.l.]: CNPq, 2012. Disponível em: <http://ltgouveia.blogspot.com.br/2012/01/selagem-asfaltica-de-fissuras-de.html> >. Acesso em: 15 nov. 2012.

LIRA, Júlio César Lima. Polímeros. **Info Escola**, [20--]. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/polimeros>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

MASSARANDUBA, J. C. M., *et al.*. **Misturas asfálticas Densas moldadas com os seguintes ligantes**. Paraná, [20--]. Disponível em: <<http://www.grecaasfaltos.com.br/blogtecnico/images/pdf/estudo-comparativo-ligantes-asfalticos.pdf>> página 6. Acesso em: 10 jan. 2013.

MORALEZ, Adilson. **Calçada de Lorena**. 1 fotografia. São Paulo: Eco Fotos, 2003. Disponível em: < <http://ecofotos.com.br/sp-calcada-do-lorena/>>. Acesso em: 29 maio 2013.

PREGO, A. S. S. **Memória da Pavimentação no Brasil**. Rio de Janeiro: ABPv, 2001. 530 p

REPORTAGEM Especial Goiás Marconi Perillo: Renovação dos caminhos do Brasil Central. **A segunda maior do mundo sobre rio**. Revista Rodovias&Vias. Curitiba: Rodovias Editora e Publicações Ltda. Circulação nacional, n.59 p. 28, 2011-

R7 NOTÍCIAS. **Manaus tem a maior ponte estaiada sobre rio do país**. 1 fotografia. [S.l.], 24 out. 2011. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/cidades/fotos/manaus-tem-maior-ponte-estaiada-sobre-rio-do-pais-20111024.html>>. Acesso em: 31 maio 2013.

SAFATLE, Danilo. **Selante Asfáltico**. Jundiaí, AFASA Construções e Comércio, 10 abr. 2013. Entrevista, Jundiaí, 2013.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2 ed. São Paulo: PINI, 2010.