

UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**A IMPORTANCIA DA CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO RODOVIARIO PARA
AUMENTAR O TEMPO DE VIDA UTIL DA RODOVIA**

BEATRIZ NATHALIA RODRIGUES GOMES

MARINGÁ – PR
2018

Beatriz Nathalia Rodrigues Gomes

**A IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO RODOVIÁRIO PARA
AUMENTAR O TEMPO DE VIDA ÚTIL DA RODOVIA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Esp. Yutaka Mario Kobayashi Júnior.

MARINGÁ – PR

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO
BEATRIZ NATHALIA RODRIGUES GOMES

**A IMPORTANCIA DA CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO RODOVIARIO PARA
AUMENTAR O TEMPO DE VIDA UTIL DA RODOVIA**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNICESUMAR – Centro
Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel(a) em
Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Esp. Yutaka Mario Kobayashi Júnior..
Aprovado em: 05 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Yutaka Mario Kobayashi Júnior - Unicesumar

Prof. Me. Claudio de Souza Rodrigues - Unicesumar

Prof. Me. Judson Ricardo Ribeiro da Silva - Unicesumar

AGRADECIMENTOS

A Deus, que se fez presente em minha vida ao longo desses cinco anos. Em especial nesse último ano, que me deu forças para concluir esse ciclo.

Aos meus pais, Roseli e Edgar, por estarem sempre ao meu lado, e sem medir esforço, me incentivaram e guiaram para que tudo fosse possível.

A minha irmã, Amanda, por todos os momentos que podemos viver juntas nesses últimos anos, por todo cuidado e cumplicidade.

Ao meu namorado, Thiago, que esteve ao meu lado quando mais precisei de amor, atenção e cuidado.

A minha prima, Cristini, que me incentivou na conclusão desse trabalho, sempre com muito amor, dedicação e paciência.

Ao meu orientador, pelo incentivo e compreensão.

IMPORTANCIA DA CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO RODOVIARIO PARA AUMENTAR O TEMPO DE VIDA UTIL DA RODOVIA

Beatriz Nathalia Rodrigues Gomes

RESUMO

A condição do pavimento rodoviário no Brasil é precária, faltam estudos e investimentos na área, tanto para construções de novas obras, quanto na conservação do pavimento. Levando em consideração a importância das rodovias do país para a locomoção de pessoas e cargas, sendo o meio mais utilizado atualmente, o presente trabalho possui como finalidade expor as condições atuais do pavimento no país, de forma a indicar as principais patologias que ocorrem e os métodos fundamentais de conservações eficientes que aumentem o período de vida útil da rodovia. Consolidando-se de estudos bibliográficos a respeito do tema, possui por intuito comprovar benefícios que um sistema de conservação pode oferecer ao longo do tempo para as rodovias brasileiras.

Palavras-chave: Conservação. Pavimento. Rodovia.

IMPORTANCE OF ROAD PAVING CONSERVATION TO INCREASE THE USEFUL LIFE TIME OF THE HIGHWAY

ABSTRACT

The condition of the road pavement in Brazil is precarious, studies and investments are lacking in the area, both for the construction of new works, and for the conservation of the pavement. Taking into consideration the importance of the country's highways to the locomotion of people and loads, being the most used device nowadays, the present work aims to expose the current pavement conditions in the country, in addition to an indicator as the main pathologies that occur and methods fundamental of conservations that increase the period of life useful the highway. Consolidating by bibliographic studies about the subject, it aims to prove the benefits that a preservation system can offer over time for Brazilian highways.

Keywords: Conservation. Floor. Highway

1 INTRODUÇÃO

A história do rodoviarismo no Brasil obteve seu início em 1861, com a inauguração da estrada União Indústria. Desde então vieram as primeiras leis para a implantação de rodovias, as grandes obras viárias e a necessidade de financiamento do governo para aumentar a extensão dos trechos (DNIT, 2001). À medida em que as rodovias foram construídas, novos lugares começaram a se desenvolver, e cidades já existentes aumentaram sua população, e conseqüentemente movimentaram o comércio, indústria e agricultura (PEREIRA e LESSA, 2011).

No início do século XX, em lugares onde o pavimento asfáltico não teria chego, era comum “macadamizar” alguns trechos, o qual significa, jogar brita sobre as ruas ou rodovias. No entanto, obras de grande porte continuavam a todo vapor bem como a construção da obra Caminho do Mar, que ligava São Paulo a Cubatão. Obra realizada em sua maioria por mistura asfáltica e nas partes mais íngremes do trecho se utilizou da pavimentação de concreto de cimento Portland. Após essa grande obra e marco histórico para o rodoviarismo, surgiu a necessidade de novas obras que ligassem as principais cidades do país. Surgindo então a necessidade de melhorias nos métodos de pavimentação, fazendo com que as pesquisas sobre mistura asfáltica aumentassem nesse período (BALBO,2007)

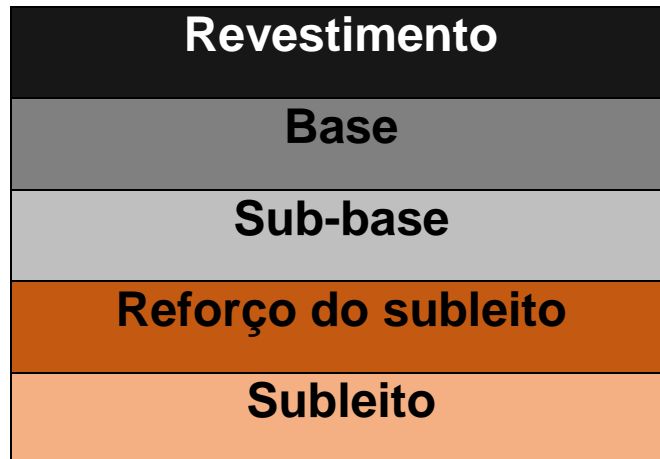
Nos últimos anos, a Petrobrás vem financiando esse tipo de estudo em grandes universidades do país. Apesar disso, o Brasil ainda se encontra em um atraso significativo em relação ao seu pavimento, comparado a países desenvolvidos (BALBO,2007)

O Manual de Pavimentação do DNIT, é um dos avanços com relação a estudos e critérios para a pavimentação rodoviária. Onde se pode encontrar normas e orientações. Segundo o Manual, já citado, existem especificação de projeto de pavimentação que são determinados por vários fatores como: clima do local onde a rodovia será implantada, propriedades físicas e mecânicas do solo, tipo de solo, topografia do terreno, entre outros critérios.

Para exemplificar da forma mais completa possível, o pavimento é constituído de revestimento, base, sub base, reforço do subleito e subleito. Podendo assim, o

pavimento ser composto por todos os itens anteriores ou não, dependendo do que constar em projeto (BALDO, 2007).

Figura 1 – Camada pavimento flexível



Fonte: autoria própria

Figura 2 – Estruturas do Pavimento

Estruturas do Pavimento



Revestimento asfáltico – formado por mistura de agregados e cimento asfáltico. Recebe as cargas do tráfego e distribui para as camadas estruturantes

Camada de ligação (Binder) – formado por mistura de agregados e cimento asfáltico. Ligação entre revestimento e base.

Base – composta de materiais granulares, com ou sem aglutinante (CAP, cimento ou cal). Recebe esforços da camada superior e distribui para a sub-base.

Sub-base – composta de materiais granulares, com ou sem aglutinante com função de diminuir espessura da base e mudar a rigidez da camada.

Sub-leito – terreno natural, passível de reforço por compactação ou substituição do material para aumentar a rigidez.

Fonte: Grupo Prado Macêdo, Disponível em < <http://www.pradomacedo.com/servicos-pavimentacao-e-infraestrutura.php?lang=fr>>.

Segundo, LESSA e PERREIRA (2011, p.7) com o avanço da indústria automobilística no Brasil, o governo de Juscelino Kubitschek realizou poucas melhorias ao sistema ferroviário e acabou eliminando alguns ramais de ferrovia que

já não eram tão favoráveis economicamente, o mesmo governo priorizou a infraestrutura rodoviária. Com a crescente dos investimentos nas rodovias, foi deixado em segundo plano o transporte ferroviário, dessa forma o país foi criando uma dependência econômica por transportes rodoviários.

De acordo com dados da Confederação Nacional de Transporte – CNT, em 2009, o transporte rodoviário era o principal meio utilizado para transportar cargas no Brasil, o que representava 61,1% de todo movimento de cargas no país. Entretanto, em 2017, estimativas apontaram que boa parte das estradas são classificadas como: “regular, ruim ou péssima”, conforme a 21ª edição do levantamento de dados da CNT. E ainda, há 363 trechos ao longo de rodovias que apresentam inúmeras ameaças relevantes no que tange a garantia da proteção dos usuários e conseqüentemente um declínio na serventia dos transportes que usufruem de tal.

A partir de dados divulgados pela CNT(2013), as rodovias que apresentam uma má conservação, contribuem para que valores significativos causem impactos na economia do país. Segundo pesquisa do Confederação Nacional de Transito, realizadas em 2017, 106 mil quilômetros de malhas rodoviárias foram avaliados, e constataram que 61,8% das rodovias se encontram em péssimo estado de conservação e carecem de restaurações, devido a afundamentos, ondulações, buracos, trincas e remendos. Se caso a classificação fosse inversa, constando que as extensões rodoviárias fossem: “ótimas ou boas”, poderia existir economia no consumo de combustível e conseqüentemente os impactos ambientais seriam menores.

Por meio de tais fatos, busca-se realizar tal pesquisa corroborando a relevância da conservação da pavimentação rodoviária, levando em consideração o aumento da vida útil do material utilizado, discorrendo assim o impacto positivo para a economia e a redução aos danos ambientais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Defasagens dos projetos de pavimentação e infraestrutura de transporte no Brasil

A importância em se construir vias que concebiam a integração do povoado, anteriormente, não condiz com a atual necessidade, as condições e intuítos eram distintos, as quais objetivavam o crescimento da economia e mercantilização. Uns dos primeiros povos a abrirem os caminhos foram os egípcios, adequando de maneira satisfatoriamente limitada uma pavimentação para conservação de caminhos importantes. Com o passar do tempo, foram se aprimorando nos métodos mais práticos e resistentes para se adequarem aos meios de transporte e as necessidades de determinadas épocas.

Com o avanço da ciência, e descoberta de novos materiais com propriedades diferentes, foram se aperfeiçoando os métodos de pavimentação e os projetos de rodovias, ao longo do tempo (BALDO, 2007). No século XIX, com a era automobilística instaurada no Brasil, muitas rodovias começaram a surgir para interligar os principais centros econômicos do país. Apesar da necessidade de expansão das rodovias no território brasileiro, pouco foi investido para o estudo de novas tecnologias, a priori da pavimentação específica do solo de cada região.

Há de se considerar, para o leitor mais atento, que a pavimentação é uma área tecnológica com um atraso bastante significativo em relação aos países tecnologicamente mais evoluídos, e que necessitamos de investimentos ordenados em vários setores: de pesquisa (desenvolvimento de novas e apropriadas técnicas), de engenharia consultiva (atualização de profunda de normas de projetos e especificações construtivas com base em pesquisas e experiências genuinamente nacionais), de construção (superação da obsolescência de equipamentos de construção e melhoria brutal de mão de obra) e de controle de qualidade (emprego de técnicas coerentes e modernas de conformidade de execução de materiais). (BALBO, p., 2007)

No processo de desenvolvimento tecnológico de pavimentação, houve uma grande estagnação. É de suma importância a necessidade de investimentos para que profissionais tenham oportunidades de aprofundar nessa tecnologia, as quais poderiam contribuir e facilitar até mesmo os processos de conservação do pavimento. Visto que o mesmo, com projetos mais específicos, poderiam facilitar o processo de conservação e assim manteriam suas propriedades, sem gerar danos aos usuários e oferecendo boas condições de uso por um período maior.

De fato, o Brasil é um país onde pouco se investe em infraestrutura rodoviária, sendo assim, não há grandes investimentos em estudos nessa área tornando assim um país com técnicas atrasadas.

...o país é hoje ainda carente de bibliografia consolidada e didática que apresente os conceitos fundamentais da área de pavimentação, em particular dos revestimentos asfálticos. (PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, 2006, 23)

Os principais meios de investimentos no setor rodoviário são através de recursos públicos, fazendo com que o setor dependa da economia do país. Como nos últimos anos o país vem enfrentando instabilidade na economia, a infraestrutura de transporte também sofre com a falta de recursos para a conservação e manutenção das rodovias brasileiras.

A competitividade da economia brasileira é prejudicada pela falta de investimento em infra-estrutura, uma vez que isso acarreta um número crescente de acidentes, desperdício de carga e gasto elevado com manutenção e combustíveis. Pelas estimativas da Associação Nacional dos Usuários de Transporte (Anut), o país perde US\$ 5 bilhões por ano com a precariedade, principalmente das estradas e dos outros segmentos do transporte. (PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA, 2006, p. 21)

Tudo isso torna-se então um círculo de decadência, afinal, quando as rodovias se encontram em bom estado de conservação, a economia tende a melhorar e se a economia vai bem, as rodovias recebem mais investimentos do setor público para as melhorias necessárias.

2.2 A composição do pavimento rodoviário

A função primordial de uma rodovia é facilitar a deslocação de pessoas e cargas, com maior conforto e segurança possível. Quando esse objetivo é alcançado, os custos operacionais, como a manutenção de veículos é reduzida, o tempo de deslocamento é menor, conseqüentemente mais barato, reduz gastos com a previdência em caso de acidentes, entre outros benefícios, não somente econômicos como ambientais, como evitar acidentes que causem danos ao meio ambiente, redução de combustível, entre outros.

Para termos um pavimento de qualidade é necessária uma superfície regular, mais aderente e menos ruidosa (BALDO, 2007). Dessa forma, se faz necessário conhecer as camadas que constituem o pavimento, afinal, são elas que nos proporcionaram rodovias de melhor qualidade, sem tal consentimento, as conseqüências podem ser negativas.

De um modo geral, as rodovias brasileiras são constituídas em sua maioria, por pavimentos flexíveis, podendo ser chamados também de pavimento asfáltico.

Esse tipo de pavimento é formado por cinco camadas, sendo elas: revestimento, base, sub base, reforço do subleito e subleito. Todas elas, camadas com deformação elásticas, que segundo a Lei de Hooke, é uma deformação que desaparece conforme a retirada da força aplicada. Desta maneira, o pavimento sofre deformação com o tráfego e volta as suas dimensões originais logo após a passagem dos veículos. Sendo assim, as camadas devem ser dimensionadas para os veículos específicos que iram trafegar sobre tal região, para que cada camada tenha sua espessura adequada para que não afete o subleito do pavimento asfáltico. (TRANSPORTE RODOVIARIO - CNT, p.25, 2017).

Normalmente, a camada de revestimento é feito de concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ), que é caracterizado por ser flexível, feito através de uma mistura quente em usina, com agregados graúdos e miúdos, material de enchimento e cimento asfáltico de petróleo (CAP). A mistura é exposta a temperatura muito elevada em seu processo de usinagem e também, quando distribuída e compactada na pista. (BONET, p. 68, 2002)

Essa camada é atribuída à função de distribuição das cargas nela aplicada, é também a camada que sofre diretamente com as ações do tráfego rodoviário. (PAVIMENTAÇÃO ASFALTICA, 2008)



Figura 3: Capacidade de carga de um pavimento (MAIA, 2012, p.52)

O revestimento é a camada mais importante quando se aborda a respeito da conservação do pavimento, pois é nessa camada que ocorrem as trincas e há

envelhecimento do ligante, levando em consideração que é o revestimento é a camada que mais sofre com as ações climáticas e de tráfego.

2.3 Efeitos causados pela presença da água no pavimento

Desde as primeiras rodovias pavimentadas sempre houve a preocupação tanto nos projetos quanto na execução, a respeito dos efeitos causados pela água em relação ao pavimento. Vários estudos apontam que a água pode influenciar negativamente as camadas que constituem o pavimento, águas essas, subterrâneas ou percoladas.

A diferença entre as águas subterrâneas e percoladas é que as subterrâneas são águas que se encontram abaixo da superfície da terra ocupando vazios e as percoladas estão sobre a superfície da terra e de alguma maneira penetram a superfície, no caso em si, as percoladas atravessam o revestimento asfáltico por meio de patologias do pavimento, podendo atingir somente as camadas superficiais, ou até mesmo as mais profundas que compõem a estrutura do pavimento. Por isso é de extrema importância que quando projetadas as rodovias, seja dimensionado e implantado um sistema de drenagem superficial, como afirma Machado e Tanski abaixo:

As estruturas das rodovias, mesmo bem dimensionadas e projetadas para obter ampla capacidade de suportar grandes cargas, mesmo assim apresentam defeitos antes do término do tempo de projeto, diminuindo de forma considerável a vida útil das rodovias. Isso ocorre devido as infiltrações da água livre através de defeitos e/ou fissuras existentes na pista de rolamento, taludes (percolação lateral) ou até mesmo por capilaridade, por isso a importância de sistemas de drenagem eficientes para evitar os problemas supracitados no decorrer do tempo projetado para a rodovia. (MACHADO e TANSKI, p. 1, 2017)

Mediante tal consolidação, é fundamental que o projeto da rodovia conte com um sistema de drenagem, o qual seja realizado por um profissional capacitado, para que sua principal função seja a de eliminar água acumulada sobre a rodovia, direcionando-a para o sistema, e mantendo a estabilidade da via, sem causar danos ao pavimento, de tal forma a manter a segurança dos usuários da rodovia. (Manual de drenagem de rodovias – DNIT - 2006).

Segundo Azevedo (2007, p.15), a maior parte da água que causa influência sobre as rodovias é por meio da infiltração de água das chuvas, as quais introduzem-se pela superfície, transversalmente pelas disfunções asfálticas, como as trincas e juntas.

A água pode entrar na estrutura do pavimento principalmente por secagem incompleta de agregado durante a produção de mistura a quente, por fissuras ou trincas na superfície do revestimento e/ou ascensão por capilaridade proveniente das camadas inferiores ou do subleito (MANUAL DE DOSAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO, p.39 - 2011).

Como corroborado no Manual de Dosagem de Concreto asfáltico (2011), o pavimento pode ser mais suscetível à ação da água por tais fatores: o clima da região, tráfego pesado, mistura asfáltica com muitos vazios, má compactação do pavimento, falta de drenagem, entre outros. A adesão da mistura asfáltica também pode ocorrer por conta da natureza dos agregados, como explica na afirmação a seguir:

Os agregados ácidos ou eletronegativos (altamente silicosos) são hidrofílicos (granito, gnaisses, quartzitos etc.) e, portanto, mais suscetíveis à ação da água que os agregados básicos ou eletropositivos (basaltos, diabásicos, calcários etc.) (WHITEOAK, 1990 *apud* MANUAL DE DOSAGEM, p.38, 2011)

Por tanto, a fase de projeto se faz de extrema importância para que a conservação do pavimento seja eficaz. Onde a conserva do mesmo, só se concretiza necessária, caso haja uma boa estrutura do pavimento, com projeto de dosagem de concreto asfáltico correta e um bom projeto de drenagem da água. Para que a água não se torne a maior “vilão” e que assim seja possibilitada e estruturada uma boa conservação.

2.4 Patologias que ocorrem no pavimento

Com o passar do tempo as propriedades do material que compõe o pavimento vão perdendo suas propriedades iniciais. Esses defeitos são causados ao longo do tempo pela solicitação intensa do tráfego e por intemperes, que nada mais é do que condições climáticas mais intensas.

Para que o pavimento mantenha as propriedades dos componentes atendendo o conforto e segurança do usuário é necessária a operação de conservação, evitando que o pavimento sofra com a perda mais rápida das propriedades e ocorra aparecimento e/ou agravamento de problemas que poderiam ser mais simples de solucionar, se houver a conservação adequada.

Mas para que as técnicas de conservação sejam eficazes, é de extrema importância conhecer as patologias que existem no pavimento, só assim haverá uma precisão de qual tipo de intervenção será necessária. Tais patologias, conforme a

norma DNIT 005/2003 - TER - Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos – Terminologia, são:

1. Fendas: Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, subdividindo se em fissuras e trinças.
2. Fissuras: Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m.
3. Trinca: Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada.

3.1 Trinças isoladas

- Trinca transversal: que apresenta direção predominantemente ortogonal ao eixo da via.

Figura 4: Trinças isoladas- transversal



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

- Trinca longitudinal: que são paralelas ao eixo da via.

Figura 5: Trinças isoladas – longitudinal



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

3.2 Trincas interligadas

- Trinca tipo “couro de jacaré”: que os desenhos formados pelas trincas se assemelham ao couro de jacaré, podendo apresentar, ou não as bordas com erosão acentuada.

Figura 6: trincas interligadas – tipo “couro de jacaré”



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

- Trinca tipo “bloco”: os desenhos que as trincas interligadas formam tem lado bem definidos, podendo haver ou não erosão nas bordas.

Figura 7: Trincas interligadas – tipo bloco



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

4. Afundamentos: uma depressão na superfície do pavimento, podendo haver ou não solevamento. Essa deformação é permanente, afundamento de forma plástica. Existem dois tipos de afundamento, o afundamento de trilha de roda e o afundamento local.

Figura 8: Afundamento de trilha de roda



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

Figura 9: Afundamento local



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

5. Ondulação ou Corrugação: Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.

Figura 10: Ondulação



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

6. Escorregamento: deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.

Figura 11: Escorregamento



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

7. Exsudação: excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento.

Figura 12: Exsudação



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003.

- Desgaste com o contato do tráfego sobre o revestimento do pavimento acontece o efeito do arrancamento progressivo do pavimento, deixando o mesmo com aspecto de aspereza superficial.

Figura 13: Desgaste



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003, p. 6 a 11.

- Panela ou buraco: cavidade na camada de revestimento que pode acontecer por alguns fatores, como a má aderência entre as camadas, que causa o deslocamento da camada.

Figura 12: Panela/buraco



Fonte: DNIT, Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, 2003, p. 6 a 11.

- Remedo: são painéis preenchidas com camada de pavimento, na operação “tapa-buraco”. Podendo ser remendos superficiais, que é em uma área localizada feito a aplicação de camada betuminosa, e os remendos profundos quando há substituição do revestimento. Usualmente, apresenta-se forma retangular.

2.5 Métodos de conservação do pavimento rodoviário

Para que o pavimento mantenha as propriedades dos componentes atendendo o conforto e segurança do usuário é necessária a operação de conservação, evitando que o mesmo sofra a perda mais rápida das propriedades e ocorra o aparecimento e/ou agravamento de problemas que poderiam ser mais simples de solucionar, se houver a conservação adequada. Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, existem três tipos de conservação: corretiva rotineira, preventiva periódica e emergencial.

- A conservação corretiva rotineira tem como objetivo fazer a reparação e sanar os problemas encontrados, mantendo suas propriedades para atender da melhor forma possível o usuário;
- A conservação preventiva periódica é realizada de tempo em tempos para evitar que os problemas apareçam ou se agravem;
- A conservação emergencial temporário é uma operação que o objetivo é recuperar de imediato o pavimento danificado por um evento extraordinário.

A conservação das rodovias deve ter programações ao longo de toda a vida útil do pavimento, só assim se pode evitar que o pavimento tenha que sofrer com uma manutenção mais profunda.

No passado, a necessidade de restauração de um pavimento devido a sua condição funcional era definida por avaliações subjetivas. Atualmente, existem medidores de irregularidade longitudinal disponíveis a qualquer órgão rodoviário que facilitam este trabalho e que efetuam medidas diretas do perfil em várias unidades (QI, IRI, BI). Os pavimentos devem, pois, ser reabilitados quando atingirem valores limites de serventia ou irregularidade, que podem ser relacionados com equações de desempenho que reproduzem a opinião dos usuários. (Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, 2016, p.41)

Com o auxílio de métodos para medir a real necessidade de intervenção do pavimento, há uma grande economia, pois se sabe exatamente quando o pavimento precisa de restauração. Segundo a pesquisa realizada pela CNT, em 2013, se a classificação de todas as rodovias fosse 'boa' ou 'ótima' haveria uma economia de 5% no consumo de combustível, o que representa 661 milhões de litros de óleo diesel e uma redução da emissão de 1,77 megatonelada de gás carbônico, principal gás do efeito estufa.

Entretanto, a má ou a total falta de conservação do pavimento faz com que problemas sejam gerados, não só na economia do país, mas também no meio ambiente. Assim como usinas de asfalto do tipo Concreto Betuminoso Usinado a Quente - CBUQ, que também podem gerar impactos ambientais em sua fase de operações como principalmente as emissões atmosféricas (DNR, 1996).

Para que tal realidade das rodovias brasileiras seja modificada, é necessário alterar a forma de gestão, e o primeiro passo é investir em conservação (daquelas que ainda há formas para isso). Portanto, é necessário conhecer sobre formas de conservação eficientes para o tipo de pavimento que é encontrado em sua maioria no Brasil, o pavimento flexível. O remendo localizado é o método de conservação mais conhecido por ser o mais aparente nas rodovias, tal porção da superfície do pavimento, maior que 0,1 m², devem ser removidas e substituídas por um material aplicado ao pavimento após a construção inicial.

Quando executado os remendos dois pontos importantes são indispensáveis: a seleção dos materiais e os procedimentos de reparo. Em relação aos materiais, podem ser utilizados para reparos permanentes o concreto betuminoso usinado a

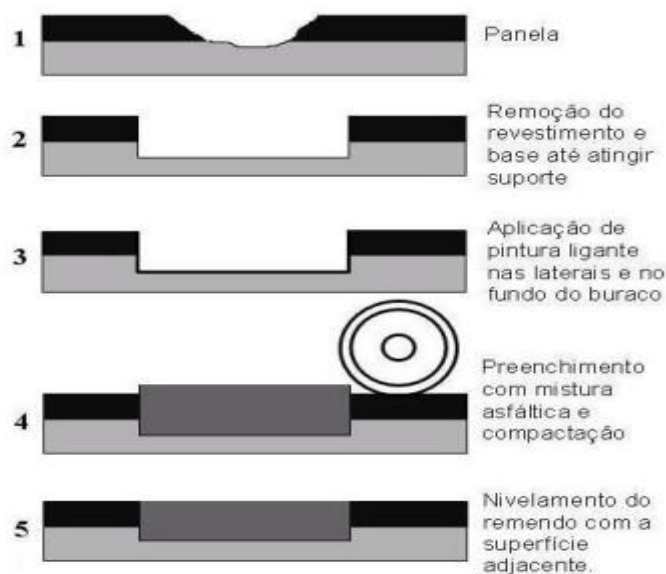
quente (CBUQ), e no caso de reparos emergenciais o pré-misturado a frio (PMF). (STUCHI, p.39, 2005)

O método de reparos emergenciais é o mais utilizado, o qual consiste no lançamento do PMF, dentro da panela ou buraco, sem nenhum cuidado prévio de limpeza ou drenagem, nem compactação. E não requer nenhuma técnica, levando a ser o método mais empregado para reabilitar o pavimento.

Já em relação ao caso do remendo permanente, esse precisa de conhecimento e cuidados técnicos, fazendo a remoção da água e a limpeza correta do local. Se o problema for causado pela água, deve ser instalado um sistema de drenagem. Depois de todos os cuidados iniciais, deve-se delimitar o espaço em que fará o corte retangular, em torno de 20 cm a partir da extremidade do buraco, e a profundidade deve condizer com o tamanho da camada superficial.

Por conseguinte é aplicado o ligante asfáltico em toda região de corte, para impermeabilização. E após, é realizado o lançamento da mistura asfáltica e em seguida esparramar das extremidades do corte para o centro. Já a compactação é realizada com equipamento adequado, de forma que seja menor do que a dimensão do remendo. Caso a profundidade for superior a 15 cm, deve ser realizada a compactação por camada.

Figura 14 - Passo a passo da execução do remendo permanente



Fonte: STRATEGIC HIGHWAY RESEARCH PROGRAM, 1993 apud STUCHI, 2015.

Por questões climáticas, nem sempre é possível fazer o remendo permanente, e por esse motivo muitas vezes se opta por executar o “tapa-buraco”, remendo temporário. Uma das vantagens do remendo permanente seria o tempo em que ele resiste, que é superior ao remendo temporário, mas por outro lado gera muito mais custo e se mal executado tem tempo de vida praticamente igual ao remendo temporário. (STUCHI, p.41, 2005)

A fresagem do pavimento também é uma medida bastante usual no Brasil, a mesma, geralmente vem acompanhada do micro revestimento asfáltico a frio (MRAF). A fresagem é um processo de retirada da camada superficial do pavimento, podendo a retirada ser total ou parcial, quando realizada a parcial, se aplica uma camada contra reflexão de trincas e depois é coberta com o CBUQ, que nada mais é do que o MRAF. Quando executada a total, se deve seguir as condições do projeto inicial e refazer toda a camada de revestimento, com os mesmos materiais e procedimentos de execução. (SACHET, p.21, 2007)

O microrrestimento asfáltico a frio (MRAF), está diretamente ligado a fresagem, pois é uma técnica de conservação preventiva e corretiva. Quando a conservação for preventiva faz-se uma capa sobre o pavimento, evitando que o mesmo sofra diretamente com a degradação. Quando utilizada como técnica de conservação corretiva o MRAF é aplicada após a execução da fresagem da camada superficial do pavimento, pois é nessa camada que o ligante asfáltico sofre um processo de envelhecimento, tornando-se rígido e quebradiço, por esse motivo é feita a fresagem e logo após o micro revestimento, restabelecendo dessa maneira o conforto e segurança do pavimento para o usuário. (MANUAL DE MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO – MRAF, p.21, 2011)

Outro método menos comum que os demais apresentados, mas que também exerce função importantíssima para a conserva do pavimento, é a selagem de trinca, que nada mais é do que aplicar nas fissuras e trincas, materiais como o cimento asfáltico, asfalto diluído, emulsões ou selantes especiais, para que o mesmo tenha a função de proteger o pavimento da percolação da água, além de controlar a extensão e/ou severidade do defeito existente. Esse método é de extrema importância para aumentar o período de vida útil do pavimento. (MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS – DNIT, p.212, 2006)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De modo geral, apenas conservação do pavimento não é muito atrativo, pois não traz exatamente o progresso, e sim, mantém o que já existe. Isso faz com que a conservação fique em segundo plano, e a construção de grandes obras tenham grande atrativo para profissionais, proporcionando uma alta visibilidade e prestígio.

Como se sabe, um local sem o devido cuidado, seja ele uma casa, sem limpeza e manutenção, uma máquina ou veículos, sem os devidos cuidados, acabam se deteriorando com o passar do tempo. É o mesmo caso de rodovias, dessa maneira é importantíssima a conservação adequada das rodovias.

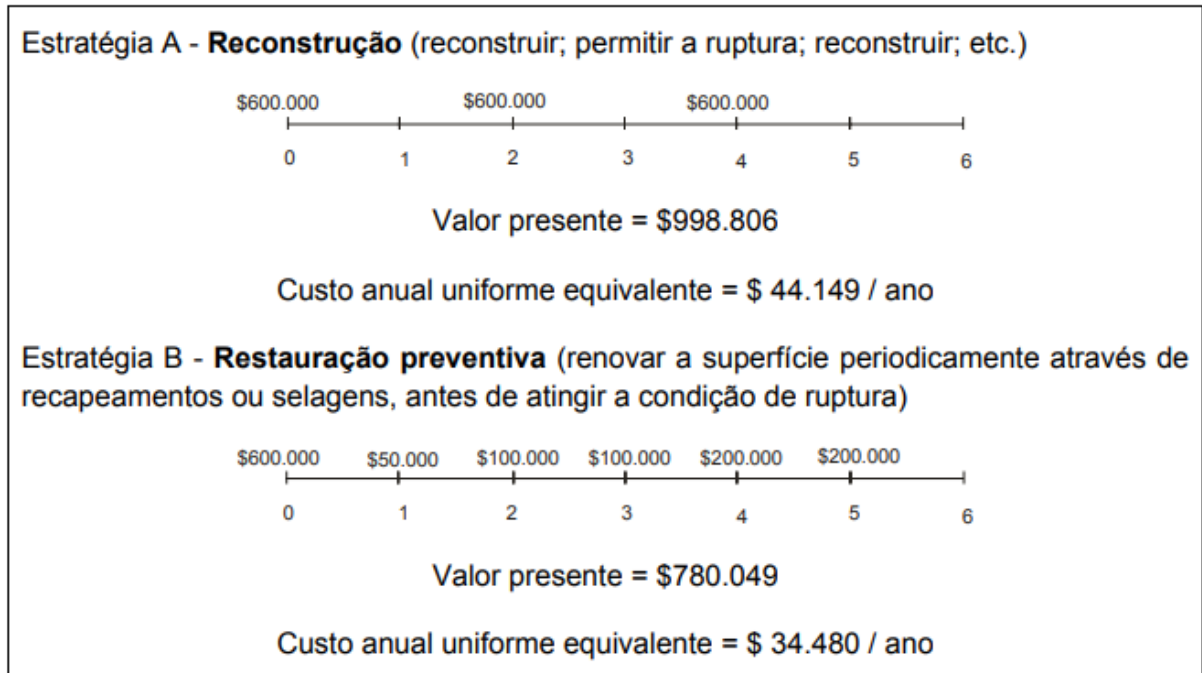
Avaliando economicamente a contribuição da conservação do pavimento rodoviário podemos notar a viabilidade de uma gestão voltada para a conservação de pavimento e como isso gerando impacto positivo na economia do país.

Abaixo seguem os pontos onde a conservação teria reflexo na economia do país, bem como benefícios para os usuários:

- Redução de tempo de viagem para passageiros e cargas;
- Maior conforto e segurança para o usuário;
- Diminuição no número de acidentes de trânsito, que geram altos custos para previdência social, com auxílios doença e até mesmo, aposentadoria por invalidez;
- Aumento do desenvolvimento econômico;
- Redução do custo operacional de veículos;
- Redução de custos futuros com grandes manutenções ou até mesmo reconstrução da via em curto período de tempo.

Considerando o ultimo tópicos dos pontos onde gerariam economia, observaremos a análise feita sobre o mesmo pavimento, no mesmo período de tempo, exposto a mesma intensidade de tráfego e as mesmas condições climáticas, apenas com o método de conservação diferente, assim obteve os seguintes resultados:

Figura 15: Ilustração de custos de longo prazo para duas diferentes estratégias de restauração em seções de pavimento idênticas.



. Fonte: Manual de restauração de pavimento asfáltico, p. 229

Ao longo de 6 anos pode-se observar que o método de restauração preventiva apresenta uma economia de aproximadamente 22% do valor total gasto em um pavimento que não ocorre intervenções de conservação ao longo dos anos. Valor esse que pode ser empregado para pavimentação de novas rodovias, já que segundo dados da CNT(2016), apenas 12,3% das rodovias do Brasil são pavimentadas.

Outros dados que o mau estado de conservação das rodovias podem gerar conforme dados do DER (1994):

Consumo de combustível	Acréscimo de até 58%
Custo Operacional dos Veículos	Aumento de até 40%
Índices de Acidente	Elevação em até 50%
Tempo de Viagem	Acréscimo de até 100%

Fonte DNER - 1994

Segundo dados extraídos da disciplina de Recuperação e Conservação de Obras Viárias do Prof. Djalma Martins Pereira do Curso de MBA em Infraestrutura Viária.

Quanto à atratividade das ações de conservação obtém-se:

- A rentabilidade (TIR) dos investimentos em conservação pode ultrapassar a 70%;
- Benefícios mais importantes são obtidos na forma de redução do custo de operação. Quanto aos efeitos da redução dos custos operacionais;
- Reduções em custo operacional, pelas ações de conservação, podem variar de 8% a 40%;
- Redução média de 15% acarreta economia de: } US\$ 0,02/km para automóveis. }
US\$ 0,10 a 0,15/km para caminhões.

Quanto aos efeitos do não investimento:

- Para cada dólar não gasto em conservação deverão ser gastos, no mínimo 2,5 dólares para restaurar a rodovia.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho corroborou a importância da conservação do pavimento rodoviário para prolongar seu período de vida útil, levando em consideração o início da história do pavimento rodoviário no Brasil até os dias atuais. Baseado em dados atuais sobre as condições em que se encontra o pavimento, normas de como se deve fazer a conservação do pavimento, tudo com relação ao pavimento mais utilizado no Brasil, o pavimento flexível.

A partir de uma análise bibliográfica foi possível referenciar o trabalho a partir de dados do DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, e do CNT, Confederação Nacional de Trânsito. Que trazem para o trabalho dados sobre o pavimento, o volume de tráfego das rodovias brasileiras, manuais de drenagem e de conservação do pavimento.

Respalhando-se no conhecimento sobre os projetos de rodovia brasileiras, com relação a rodovias de outros países, pode-se identificar que há uma defasagem dos projetos, e isso seja um agravador da ineficiência da conservação rotineira do pavimento, que na fase de projeto já sofre com os equívocos, pela falta de investimento no setor de tecnologia de infraestrutura do Brasil.

É de suma importância conhecer as camadas do pavimento flexível, para tomar conhecimento sobre as patologias que podem existir. O pavimento é constituído por cinco camadas, cada uma com funções distintas, mas imprescindíveis. As patologias podem interferir em camadas distintas, mas as que tornam mais relevantes nesse trabalho são as patologias que atingem a camada de revestimento, pois é nela que são executados os métodos de conservação do pavimento.

Como apresentado nas discussões e resultados, a conserva do pavimento rodoviário é viável economicamente e ambientalmente. Através de análise de estudo é possível comprovar que a conservação rotineira reduz os gastos ao longo dos anos e mantém as propriedades do pavimento por muito mais tempo, fazendo com que o transporte de cargas seja mais eficiente, menos perigoso e haja diminuição de gasto com combustível, e assim, reduza a emissão de gases de comprometem o meio ambiente.

Por fim, o objetivo do presente projeto foi alcançado comprovando que a conservação apresenta grande importância, e é necessário investimento para que essa área seja valorizada, contribuindo para que futuros frutos dessa ação sejam alcançados.

REFERENCIAS

AZAMBUJA, Andrey Reichelt. **Pavimentos asfálticos** : Análise de patologias na reparação de trechos devido as obras de rede de esgoto sanitário. Porto Alegre: Universidade Rural Federal do Rio Grande do Sul, 2009. 1-87 p. Disponível em: <<http://file:///C:/Users/cristini/Downloads/000741732.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2018.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica** : materiais, projeto, e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=py6zCgAAQBAJ&pg=PT28&dq=primeiros++pavimento+asfaltico+no+brasil&hl=pt->

BR&sa=X&ved=0ahUKEwjv_4rp1eDcAhWDPpAKHSYdA64Q6AEIKDAA#v=onepage&q=leitor&f=false>. Acesso em: 27 ago. 2018.

CERATTI, Jorge Augusto Pereira; REIS, Rafael Marçal Martins de. **Manual de dosagem de concreto asfáltico**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 166 p.

CERATTI, Jorge Augusto Pereira; REIS, Rafael Marçal Martins de. **Manual de Microrrevestimento Asfáltico a Frio - MRAF**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 155 p.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Transporte rodoviário : por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?.** Brasília: CNT, 2017. 162 p. Disponível em: <http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_pavimentos_nao_du_ram.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos terminologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2003. 12 p. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf>. Acesso em: 19 set. 2018.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 327 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/normas/download/Manual_de_Drenagem_de_Rodovias.pdf>. Acesso em: 12 set. 2018.

DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **MANUAL DE RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 314 p. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf>. Acesso em: 20 set. 2018.

Grupo Prado Macêdo, Disponível em < <http://www.pradomacedo.com/servicos-pavimentacao-e-infraestrutura.php?lang=fr>

MACHADO, Lerry Adriano Rieffel; TANSKI, Mateus. **A IMPORTÂNCIA DA DRENAGEM SUBSUPERFICIAL NO DESEMPENHO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**. Rio Grande do Sul: Urcamp Bagé, 2017. 801 p. Disponível em: <<http://trabalhos.congrega.urcamp.edu.br/index.php/14mic/article/view/2894/2046>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

MAIA, Iva Marlene Cardoso. **CARATERIZAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS**. Portugal: FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2012. 97 p. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68091/1/000154859.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2018.

AUGUSTO PEREIRA CERATTI, Eng Jorge; MARÇAL MARTINS DE REIS, Eng. Rafael. **Manual de Dosagem de Concreto Asfáltico**. [S.l.]: Oficina de Textos, 2011. 151 p.

SACHET, Taís. **Controle tecnológico de obras rodoviárias envolvendo a reciclagem in situ de bases granulares de pavimentos asfálticos**. Passo Fundo: UFP - Universidade de Passo Fundo, 2007. 172 p. Disponível em: <<http://tede.upf.br/jspui/bitstream/tede/223/1/2007TaiSachet.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2018.

SANTOS, CAIO RUBENS GONÇALVES. **DIMENSIONAMENTO E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS : UMA ABORDAGEM PROBABILÍSTICA**. São Paulo: [s.n.], 2011. 296 p. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Caio_Santos11/publication/315075201_Dimensionamento_e_analise_do_ciclo_de_vida_de_pavimentos_rodoviaros_uma_abordagem_probabilistica/links/58c9880daca27286b3af98b9/Dimensionamento-e-analise-do-ciclo-de-vida-de-pavimentos-rodoviaros-uma-abordagem-probabilistica.pdf>. Acesso em: 11 set. 2018.