

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Maria Hermínia da Silva Queiroz

RESUMO

De acordo com as ultimas pesquisas realizadas pela CNT (Conferedação Nacional de Trânsito) nos anos de 2004 a 2017 mostram que o número de estradas e rodovias em situações precárias, no que diz respeito às condições de tráfego, vem crescendo cada vez mais em nosso país. A falta de infraestrutura adequada e manutenções preventivas são consideradas os principais problemas. Além disso, observa-se nas pesquisas que o mal estado de conservação das estradas brasileiras torna-se cada vez mais crítico. Quando se trata das estradas localizadas no estado do Rio Grande do Norte, segundo o levantamento da Confederação Nacional de Trânsito realizado no ano de 2016, 68,2% das estradas do estado são péssimas; 25,8% ruins e 6% regulares. Como forma de reparo indicada para melhoria do pavimento flexível, o uso de resíduos vem se tornando cada vez mais uma alternativa, além de apresentar qualidade em seu desempenho na rodovia, é de fácil acesso e de custo beneficio maior. Desta forma esse trabalho tem como objetivo principal realizar o estudo sobre a utilização de resíduos como forma de recuperação de pavimentos de rodovias através de levantamento teórico e estudo de caso. Para o desenvolvimento desse trabalho foram divididas as atividades em três partes, sendo estas o estudo dos conceitos básicos no norteio de projetos de pavimentos e rodovias, em seguida foi realizado um levantamento em artigos, dissertações e teses de pesquisas que utilizaram resíduos em recuperação de rodovias e por último, para aplicar alguns conceitos estudados ao longo da pesquisa, foi realizado um estudo de caso no trecho da BR226, entre os municípios de São Vicente/RN e Florânia/RN, levantando as condições gerais do trecho e propondo reparos. Após a realização da pesquisa em autores especificos que fizeram uso de residuos para recuperação de pavimentos, foi observado as grandes vantagens apresentadas nos projetos analisados, com resultados satisfatórios em relação ao desempenho do resíduo utilizado em cada região e com uma solução apresentada em cada um deles para o descarte adequado do resíduo escolhido, geralmente um de fácil acesso e fácil locomoção para o local em que seria aplicado. No estudo de caso identificaram-se durante a análise em campo, problemas patológicos como panelas, trincas, afundamentos, remendos, entre outras manifestações que tem como principais causas às falhas de projeto e de execução, má conservação e falta de manutenção adequada com isso foi proposto reparos utilizando um dos tipos de residuos pesquisados, o residuo de ceramica vermelha.

Palavras-chaves: Pavimento. Resíduos. Manifestações Patológicas.

1 INTRODUÇÃO

Criado com o intuito de melhorar o acesso às cidades e melhorar as condições de rodovias e estradas, pavimento segundo Diogo (2008), é um revestimento sobre uma superfície; formado por camadas de diferentes características; destinado a distribuir cargas sobre um plano subjacente; apresentando uma superfície adequadamente resistente à abrasão, com textura e declividade capazes de oferecer segurança e conforto à circulação de seres vivos ou veículos, podendo ser encontrado de forma rígida ou flexível.

Apesar de sua grande importância os pavimentos não ficam de fora das deteriorações e dos impactos ambientais, principalmente ligados ao tráfego e ao clima. Diante disso, o setor de construção civil tem desenvolvido várias técnicas para a realização desses reparos e uma delas é a utilização de resíduos sólido.

No interior do Estado do Rio Grande do Norte (RN) diversas são as rodovias que são utilizadas para de fluxo de mercadorias. Muitas vezes, o escoamento da produção de estados vizinhos passam pela malha rodoviária Norte Riograndense e esse tráfego intenso provoca danos nessas rodovias apresentando a necessidade de manutenção com mais frequência.

Para as manifestações apresentadas nas estradas a forma de reparo mais recomendada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) é a execução de remendos, que pode vir a ser realizada com o uso de resíduos, mesmo não sendo muito comum ainda pelo RN pesquisas mostram a grande eficácia do uso, por exemplo, de resíduos cerâmicos em bases e sub-bases dos pavimentos rodoviários.

Partindo dessa ideia e na tentativa de fomentar pesquisas que tratem de utilização de resíduos na construção civil, este trabalho teve seus objetivos divididos em objetivo geral e objetivos específicos, o objetivo geral foi o estudo de pavimentos e rodovias através de levantamento teórico e realização de estudo de caso, já os objetivos específicos foram o estudo dos conceitos básicos no norteiam de projetos de pavimentos e rodovias através de leituras em autores específicos, realização de um levantamento em artigos, dissertações e teses de pesquisas, e por fim um estudo de caso no trecho da BR 226, entre os municípios de São Vicente e Florânia, levantando as condições gerais do trecho e propondo reparos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Definição de pavimento

Pavimento é definido como uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assentadas sobre um semi-espaço considerado teoricamente como infinito a qual é designada de subleito (manual do DNIT, 2006); consiste em uma estrutura não perene e composta por camadas e é dividido em cinco partes principais, revestimento, subleito, reforço de subleito, base e sub-bases, cada uma dessas camadas possuem inúmeras funções específicas, mas apresentam como finalidade principal a de manter a integridade e durabilidade do pavimento construído, para atender a demanda desejada.

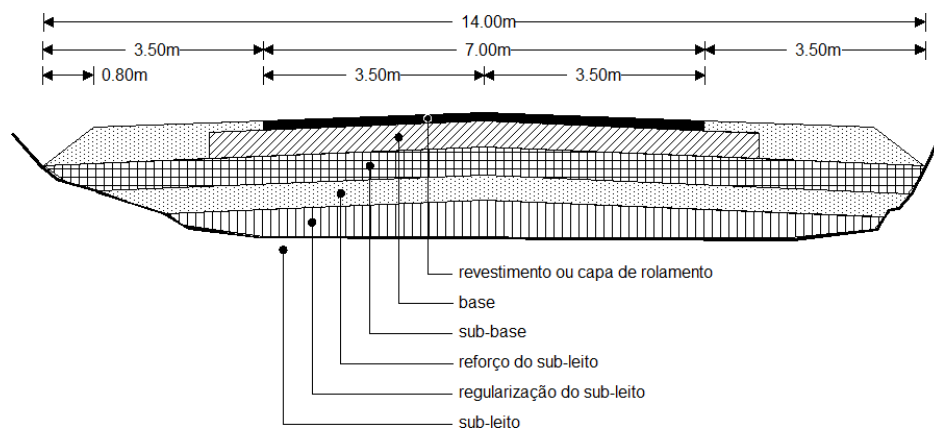
2.2 Elementos constituintes

De acordo com o Departamento de Estradas de Rodagem do RN (DER/RN, 2017), os elementos constituintes dos pavimentos possuem as seguintes definições:

- Subleito: maciço de terra que serve de fundação para o pavimento ou revestimento;
- Reforço de subleito: camada granular do pavimento executada com o objetivo de melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito e de reduzir espessura da sub-base;
- Sub-base: camada corretiva do subleito e complementar à base, com as mesmas funções desta, e executada quando, por razões de ordem econômica, for conveniente reduzir a espessura de base;
- Base: camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos dos veículos, distribuindo-os ao subleito, e sobre a qual se constrói o revestimento;
- Revestimento: camada mais acima do pavimento, que recebe diretamente as ações verticais e horizontais dos veículos, e destinadas a melhorar as condições do rolamento quanto ao conforto e segurança.

Na Figura 1 apresenta-se o esquema de um pavimento com todas as suas camadas para uma extensão de 14 metros

Figura 1: Esquema de todas as camadas de um pavimento

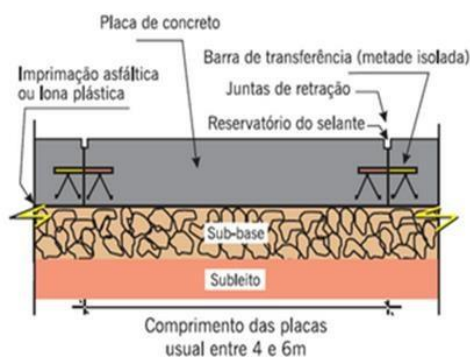


Fonte: Faleiros, 2005, p. 4.

2.3 Classificação

A pavimentação é uma fase de grande importância para obtenção de rodovias de qualidade. Segundo Bernucci et al. (2010), o pavimento rodoviário é classificado tradicionalmente em dois tipos básicos – flexível e rígido, podendo também ser comumente chamados de pavimento asfáltico e pavimento de concreto, os pavimentos rígidos ou também conhecido como pavimentos de concreto, como o próprio nome já diz a sua composição e material principal é o concreto, que proporciona um maior distribuição da carga depositada sobre o pavimento, possuindo assim uma durabilidade consideravelmente maior que o flexível, como ilustrado na figura 2.

Figura 2: Estrutura do pavimento rígido.

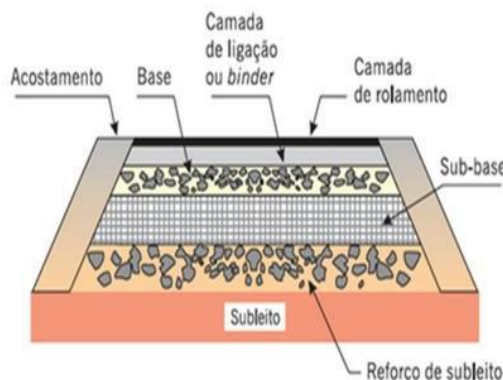


Fonte: Bernucci, 2010.

Já os pavimentos flexíveis, segundo o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), são compostos por uma camada superficial asfáltica – revestimento, apoiadas em camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, constituídas por materiais granulares, solos ou misturas de solos, sem adição de agentes cimentantes, e que sob carregamento sofre deformação elástica em todas as camadas, ou seja, a carga se

distribui em parcelas aproximadamente equivalentes e com pressões concentradas, como mostrado na Figura 3.

Figura 3: Estrutura do pavimento flexível.



Fonte: Bernucci, 2010.

2. 4 Propriedades dos materiais constituintes dos pavimentos

2.4.1 Ligante Asfáltico

Segundo Bernucci (2008), o asfalto é um ligante betuminoso derivado do petróleo, material adesivo termoviscoplastico, impermeável à água e com baixo grau de reatividade à maioria dos elementos agressivos. O autor ainda destaca que nos dias de hoje aproximadamente 95% das estradas pavimentadas no Brasil utilizam revestimento asfáltico. Para o autor, existem vários motivos para a utilização de asfalto na pavimentação, podendo destacar a elevada união dos agregados, flexibilidade adequada, impermeabilidade, durabilidade e resistência a elementos agressivos.

Rohde (2007) cita a sustentabilidade termica como sendo a característica principal do asfalto. De acordo com a autora no ligante asfáltico a temperatura age como um elemento importante no desempenho dos materiais presentes em sua composição, sendo possível assim modificar seu estado físico ou sua consistência.

2.4.2 Agregados

Para Bernucci (2007), são considerados agregados elementos como, areias, pedregulhos, rochas, e outros elementos artificiais, geralmente sendo considerados inertes. Quando esses agregados são usados na construção dos pavimentos, constituindo as camadas de base e sub-base, são usados agregados compostos por solos, britas de rochas, de escória de alto forno ou pela mistura desses materiais. Os agregados empregados nos pavimentos asfálticos devem ter propriedades de tal modo a suportar elevadas tensões do pavimento. O autor ainda destaca que é de grande importância para o desempenho deste agregado esta ligado diretamente, portanto, ressalta-se a importância do ligante asfáltico.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (Brasil, 2006), Quando uniformemente granulares, as camadas de base e sub-base dos pavimentos serão camadas flexíveis, sendo estabilizadas através de

compactação de um material ou composição de materiais com granulometria adequada, juntamente a índices geotécnicos precisos, de acordo com especificações.

2. 5 Qualidade da malha rodoviária do Brasil

A pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Transporte CNT (2016) indica que, nos últimos dez anos, a extensão das rodovias federais brasileiras cresceu somente 11,7% e grande parte dos trechos que têm pavimento não estão em bom estado, os materiais de construção não possuem vida útil, tendo em vista essas pesquisas é observada a falta de manutenção regularmente e um cuidado específico com cada pavimento rodoviário.

Como destaque para a carencia de manutenções o cenário rodoviário Brasileiro sofre grandes deformações e degradação. O manual de Patologias e Manutenções de Pavimentos destaca a influência do clima e do grande tráfego de veículos para a aparição dessas manifestações patologicas, é nítido o desgaste dos pavimentos, que devido o grande movimento sobre a rodovia, acaba por sofrer oxidação em seu revestimento e tende a arrancar a camada de agregado depositada sobre o pavimento.

As manifestações patológicas podem ser encontradas nos pavimentos por todas as rodovias brasileiras, nos pavimentos rígidos são exemplos de manifestações patologicas trincas e alçamento das placas, já nos pavimentos flexíveis exemplos, de afundamentos, corrugação, exsudação de asfalto, desgastes, panelas, escorregamento do revestimento betuminoso e fissuras e trincas.

2.6 Manifestações Patológicas

2.6.1 Pavimentos Rígidos

Segundo o Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos (2008), as manifestações patológicas nos pavimentos rígidos podem ocorrer de forma estrutural, que são aquelas que afetam a capacidade do pavimento em suportar as cargas do tráfego, são defeitos causados de formas mais pontual, como por exemplo, as trincas transversais, os alçamentos das placas e as falhas na selagem das juntas. Nas Figuras 4, 5 e 6 tem-se detalhes para as manifestações citadas.

2.6.1.1 Trinca Longitudinal

Segundo a norma 061/200 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT 2004), essa trinca longitudinal são fissuras que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas do pavimento, geralmente atingindo toda a espessura da placa.

Figura 4: Trinca Longitudinal (Corte com 2 cm, sendo o especificado 8cm).



Fonte: Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos (2008)

2.6.1.2 Alçamento das Placas

Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de transportes, diferenças de níveis nas juntas das placas ou nas fissuras diagonais ocasionam o alçamento das placas de concreto, decorrente da dilatação linear do pavimento provada pelas variações climáticas.

Figura 5: Ilustração da manifestação patológica Alçamento de Placa

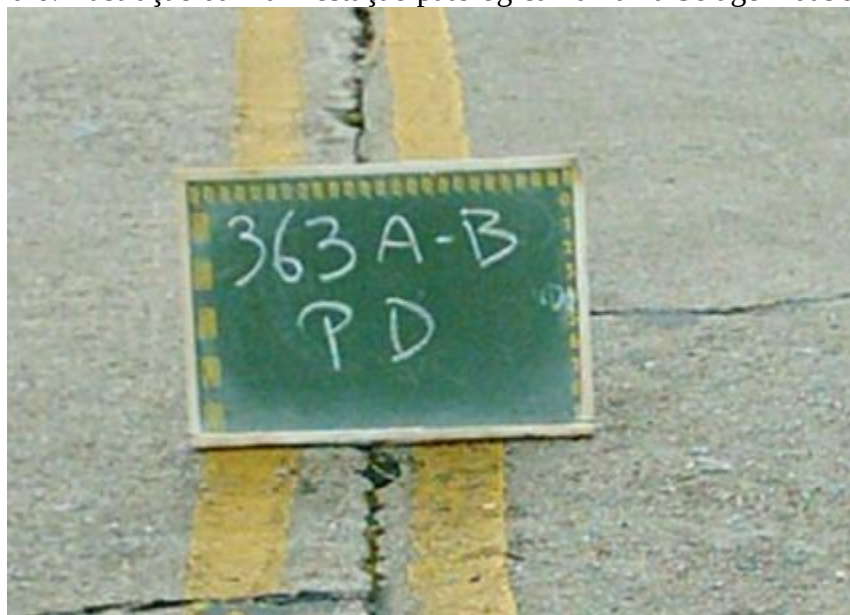


Fonte: Norma DNIT 061/2004

2.6.1.2 Falha na Selagem das Juntas

De acordo com o a norma 061/2004 do Departamento Nacional de Infraestrutura e de Transporte (DNIT 2004) , falhas na selagem das juntas é qualquer avaria no material selante que gere o acúmulo de material incompressível na junta, permitindo a infiltração de agua na placa.

Figura 6: Ilustração da manifestação patológica Falha na Selagem das Juntas



Fonte: Norma DNIT 061/2004

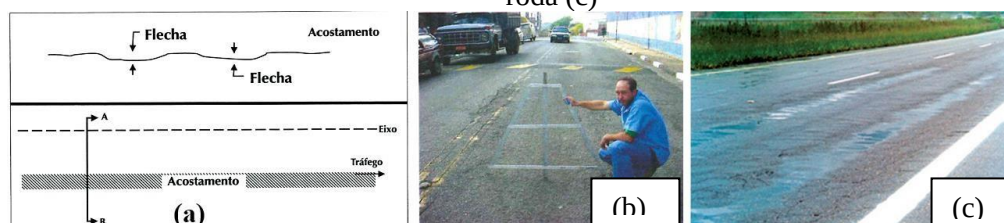
2.6.2 Pavimentos Flexíveis

Segundo o Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos (2008), os pavimentos flexíveis são tipos de pavimentos em que ocorre menor coesão entre as camadas e estas se deformam, formando na superfície uma depressão localizada, com profundidade considerável, ocasionando assim manifestações classificadas como defeitos de superfícies. A norma brasileira DNIT 005 (2003), catalogou os seguintes tipos de deformações: afundamento, fendas, corrugação e ondulações transversais, exsudação, desgaste ou desagregação, panela ou buraco e escorregamento do revestimento betuminoso.

2.6.2.1 Afundamento

De acordo com Silva (2008), afundamento são deformações plásticas caracterizadas por depressão longitudinal na superfície do pavimento e pode ser de forma plástica ou de consolidação, como ilustrado na figura 7. A ação repetitiva da passagem das cargas das rodas dos pneus e fluxo elevado de veículos causam essas deformações. Essas deformações são ditas plásticas quando sua extensão for de até 6m e quando maiores a 6m são ditas de plásticos de trilha. Na Figura 7 tem-se detalhes do esquema da manifestação patológica do tipo afundamento, uma fotografia real de um exemplo de afundamento local e um exemplo causado pelo movimento repetitivo das rodas de veículos em um determinado local do pavimento.

Figura 7: Esquema (a) e fotografia do afundamento local (b) e por consolidação em trilha de roda (c)

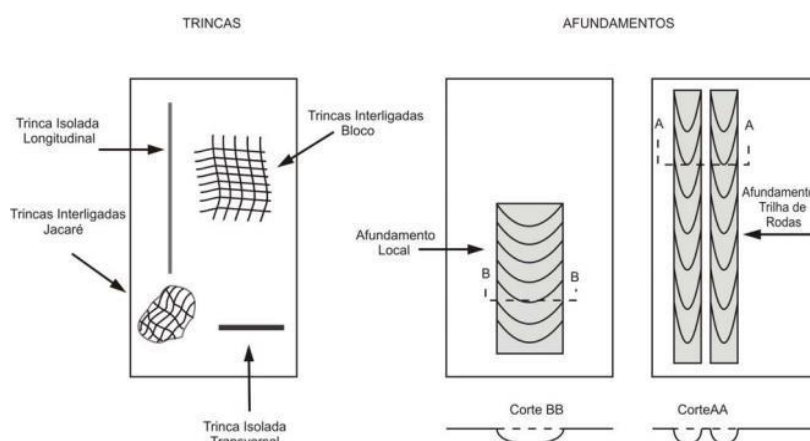


Fontes: Bernucci, 2006, p. 419; Silva, 2008, p. 30; Silva, 2008, p. 30

2.6.2.2 Fendas

De acordo com a norma 005/2003 do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2003) fendas são qualquer descontinuidade na superfície do pavimento que ocasionem aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob formas de trincas e afundamentos. Na figura 8 tem-se detalhes das formas de apresentação das fendas em pavimentos flexíveis.

Figura 8: Demonstrações de manifestações patológicas do tipo fendas

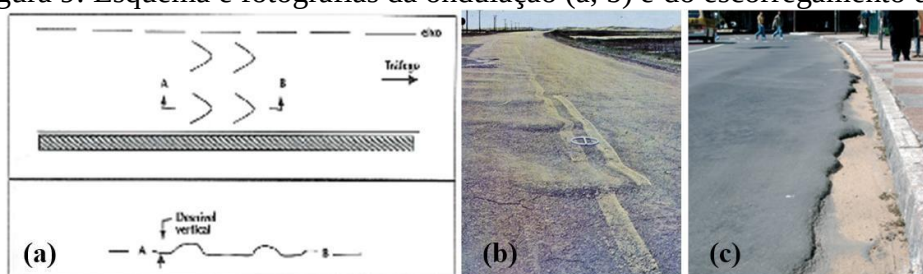


Fonte: Norma DNIT 005/2003

2.6.2.3 Corrugação ou Ondulações Transversais

Segundo Silva (2008), as corrugações são ondulações transversais ao eixo da via, como mostrado na Figura 9. Essas deformações ocorrem devido à sua base instável, a baixa resistência da massa asfáltica ou o excesso de asfalto. Essas deformações estão associadas às tensões cisalhantes horizontais geradas pelos veículos em áreas submetidas à aceleração ou frenagem.

Figura 9: Esquema e fotografias da ondulação (a, b) e do escorregamento de massa (c).



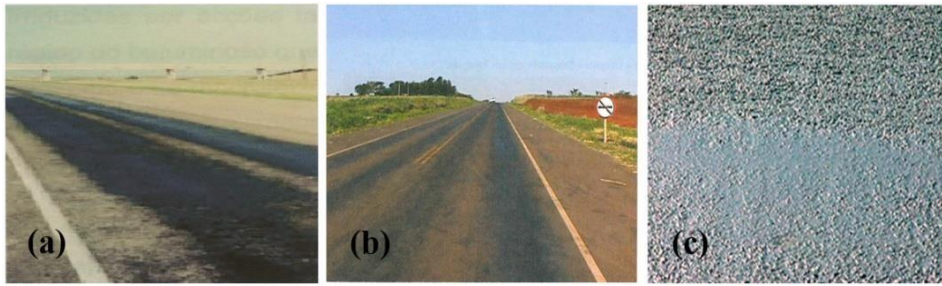
Fontes: Bernucci, 2006, p. 419; Brasil, 2003, p. 9; Silva, 2008, p. 31.

3.3.3 Abatimento

2.6.2.4 Exsudação do Asfalto

A exsudação do asfalto ocorre devido a dilatação causada pelo calor, por possuir um baixo volume de vazios ou um excesso na quantidade de ligantes, o asfalto exsudará através do revestimento, tendo assim uma superfície, normalmente na trilha da roda, que brilha devido o excesso de ligante betuminoso conforme mostrado na Figura 10.(Silva, 2008)

Figura 10: Ilustração da exsudação na parte lateral (a) e central (b) da rodovia, e detalhes (c).

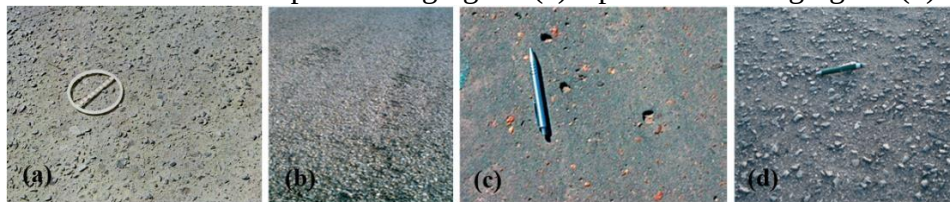


Fontes: Bernucci, 2006, p. 420; Pinto, 2003, p. 52; Silva, 2008, p. 33.

2.6.2.5 Desgaste

Segundo Silva (2008), desgaste está associado ao tráfego e ao intemperismo (Figura 11). É resultante da deficiência na ligação entre os componentes das misturas betuminosas ou a sua má formulação, da utilização de materiais não apropriados e de erros na construção. Quando o estágio de desgaste superficial está avançado, tem-se o arrancamento progressivo dos agregados, que ocorre em consequência da volatilização e oxidação do asfalto sob a ação do intemperismo e abrasiva do tráfego, conferindo uma aspereza superficial.

Figura 11: Degradação da camada por desgaste (a), desagregação de agregado (b), deslocamento e perda de agregado (c) e polimento de agregado (d).

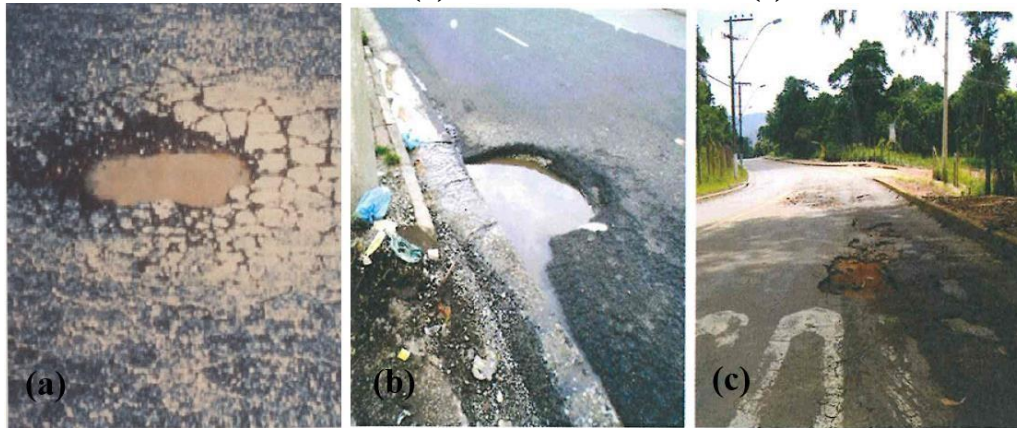


Fonte: Bernucci, 2006, p. 11; Bernucci, 2006, p. 421; Bernucci, 2006, p. 421, Brasil, 2003, p. 421.

2.6.2.6 Painéis ou Buracos

De acordo com Silva (2008), painéis ou buracos são cavidades que se formam no revestimento e podem atingir a base como mostrados na Figura 12. Esses fenômenos são evoluções das trincas, afundamentos ou desgastes. A água da chuva acaba sendo um fator agravante, pois o seu acúmulo entre as trincas superficiais acelera a degradação do revestimento, que é conhecida como stripping. A presença da água desagrega as camadas do pavimento e por esse motivo é comum ocorrer afundamentos em trilha de roda.

Figura 12: Fotografia de panelas ou covas com poça de água dentro (a), na lateral da rodovia (b) e no centro da rodovia (c).



Fonte: Pinto, 2003, p. 53; Silva, 2008, p. 35.

2.6.2.7 Escorregamento do revestimento betuminoso

Segundo Silva (2008), o escorregamento do revestimento betuminoso, mostrado na Figura 13, consiste em um deslocamento do revestimento em relação à base. Ocorre principalmente em áreas de frenagem e de interações, quando o veículo causa o deslizamento da massa asfáltica, devido à baixa aderência, ou quando sofre deformação devido à baixa resistência.

Figura 13: Fotografias do escorregamento de revestimento

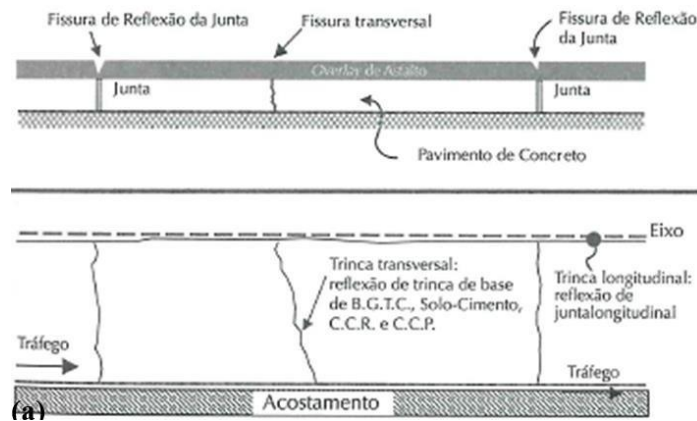


Fontes: Bernucci, 2006, p. 420; Brasil, 2003, p. 9; Silva, 2008, p. 35.

2.6.2.8 Trincas e Fissuras em Pavimentos Rígidos

De acordo com Silva (2008), trincas e fissuras são fenômenos que se dão devido à fadiga dos movimentos repetitivos realizados por veículos, as trincas podem ser do tipo trincas isoladas (Transversais e Longitudinais) como mostrado na Figura 14, ou interligadas (Couro de Jacaré). Já as fissuras não acontecem no revestimento superficial, mais profunda que as trincas só se é possível visualiza-las à distância inferior a 1,5 m.

Figura 14: Esquema de uma trinca e uma fissura



Fonte: Bernucci, 2006, p. 418; Silva, 2008, p. 37.

2.6.2.9 Remendo

De acordo com o DNIT (2005, p.385), denomina-se remendo como um revestimento onde o material original foi removido e substituído por outro material (similar ou diferente). Esses remendos existentes são considerados como falhas, já que refletem o mau comportamento da estrutura, além de que caso não seja realizado de forma adequada o pavimento tende a se desgastar mais rápido na região em que existe o remendo.

Figura 15: Esquema de remendos em pavimentos



Fonte: SETCON (Sindicato das empresas de transporte de cargas do centro oeste mineiro).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Levantamento dos trabalhos teóricos

Essa etapa de levantamento dos trabalhos foi realizada através de pesquisas em bancos de teses e de dissertações que tratavam da reutilização de algum tipo de resíduo usado para a recuperação de pavimentos rodoviários, partindo de palavras chaves como, pavimentos, resíduos, manifestações patológicas, no período entre 2013 e 2017.

3.2 Estudo de caso da BR 226

Esse presado trabalho teve em sua parte inicial a realização de estudos sobre pavimentos de rodovias através de um levantamento teórico e de buscas em periódicos e dissertações que apresentavam como tema principal a recuperação de pavimentos com a utilização de alguns resíduos, estudando assim os conceitos básicos dos processos de pavimentação realizados.

Em seguida visando a maior compressão e aplicabilidade do tema abordado foi realizado um estudo de caso do trecho da BR 226 que liga os municípios de São Vicente/RN e Florânia/RN, o levantamento foi realizado *in loco* com análise das camadas superficiais dos pavimentos, essa análise foi realizada de forma visual por todo o trecho e com registros fotográficos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Utilização de resíduos na recuperação de pavimentos – pesquisas realizadas

Com o crescimento populacional, a construção civil consome recursos naturais na obtenção de suas matérias. Daí surge à discussão da conscientização quanto ao uso de materiais provenientes de resíduos de alguns materiais alternativos em base e sub-bases de pavimentos, em fase de análise e testes esses materiais em uso trariam como solução a redução dos impactos ambientais ocasionado do mal acumulo e má forma de descarte de diversos resíduos. Além de apresentar mudanças significativas do ponto de vista econômico.

Após alguns levantamentos teóricos e buscas na literatura, foi analisado diferentes tipos de resíduos utilizados por diversos autores como forma de reconstrução e reparos em pavimentos rodoviários, substituído a utilização de materiais mais tradicionais e teoricamente com valor econômico mais elevado, como por exemplo, o uso de açobrita, , de RCC (Resíduos de Construção Civil), do lodo têxtil, de cerâmicas vermelhas e de rejeitos de ferro.

4.1.1 Rejeitos de ferro

Santana Filho (2013) realizou em seu trabalho uma avaliação das possibilidades de utilização de lamas das barragens da atividade mineradora de ferro na produção de blocos intertravados (PAVERS) e na preparação das fundações de pavimentações urbanas no estado de Minas Gerais.

Foram caracterizados os rejeitos da barragem de uma mineradora localizada em Igarapé/MG e em seguida produzido uma mistura cimentícia, cimento e brita juntamente com o resíduo para a utilização na confecção de blocos de concreto para a pavimentação, reduzindo assim os impactos ambientais relacionados às atividades de mineração.

Com a realização de ensaios e testes com esses blocos intertravados o autor concluiu que o teor de umidade do resíduo apresentou valores elevados para o uso direto na fabricação dos elementos de concreto para a pavimentação, a composição química ou geotécnica mostrou valores aceitáveis para a utilização, apesar de apresentar granulometria com tamanho resumido de partículas reduzido, a nível de areias, siltes e argilas o resíduo do minério de ferro mostrou-se adequado para substituir o agregado natural.

4.1.2 Lodos Têxteis

Oliveira (2014) Realizou um estudo das propriedades mecânicas de bases e sub-bases de pavimentos incorporados com resíduos de lodo proveniente da indústria têxtil, retirada de uma empresa na cidade de João Pessoa/PB, onde se encontra o polo industrial desse mercado, buscando uma aplicação racional deste resíduo na construção civil.

A autora realizou a caracterização química, física e mineralógica do resíduo investigado e dos materiais convencionais de pavimentação, estudou a estabilidade granulométrica e em seguida realizou o processo de estabilização química com a incorporação do aditivo de lodo no solo, analisando o seu desempenho através das propriedades mecânicas, físicas e mineralógicas apresentadas, e por fim verificou o potencial de contaminação apresentado pelo lodo têxtil.

Após a realização dessas etapas e procedimentos foi possível à observação pela autora que o aumento sucessivo da incorporação do aditivo apresentou alterações significativas nos valores obtidos no Índice de Suporte Califórnia, concluindo assim que os melhores resultados mecânicos foram obtidos nas etapas de estabilização química com a incorporação de 5% e 7% de cimento, aprovando o reaproveitamento do resíduo de lodo descartado pela indústria têxtil para a recuperação de bases e sub-bases de pavimento.

4.1.3 Agregados siderúrgicos açobrita

Tarazona (2016) avaliou mediante estudos laboratoriais a aplicabilidade do agregado siderúrgico açobrita misturado com solo tropical, em diferentes proporções, como um elemento constituinte nas camadas de bases de pavimentos rodoviários, determinando assim as propriedades físicas e mecânicas apresentadas por esses agregados. A açobrita utilizada pelo autor para o ensaio foi gerada partir de escória de aciaria produzida em conversor a oxigênio tipo LD, por uma usina siderúrgica, integrante do Instituto Aço Brasil (IABR), já o solo foi coletado no dia 29 de maio de 2015, no local onde está programada a construção do trecho experimental, na BR 381/MG, estaca 780, pelo DNIT.

Logo após essa avaliação o autor realizou três misturas diferentes com esse agregado, mistura 1: 70% açobrita + 30% solo, mistura 2: 80% açobrita + 20% solo e por ultimo mistura 3: 90% açobrita + 10% solo, em seguida realizou o ensaio com essas três misturas avaliando qual delas apresentaria melhor propriedade física e mecânica, determinando assim qual seria a melhor mistura adequada para ser utilizada como base em pavimentos rodoviários.

Com os resultados dos ensaios e após realizada uma avaliação de vários fatores como por exemplo, análise granulométrica do solo, densidade real dos grãos, limite de consistência e entre outros, tanto para o solo como para a açobrita o autor concluiu que os agregados siderúrgicos açobrita apresentam um bom desempenho para a utilização concluindo tal fato após a aplicação do trecho experimental realizada pelo DNIT, entretanto dada a heterogeneidade do material ele recomenda a realização de ensaios de controle no material utilizado antes da aplicação.

4.1.4 Resíduos de construção civil

Rodrigues (2017) em seu trabalho analisou a viabilidade do uso de resíduos sólidos na manutenção de estradas rurais na região de Jales localizada no interior do estado de São Paulo.

O autor inicialmente realizou o conhecimento do ciclo de resíduos urbanos daquela região, observando a sua geração, a coleta, tratamento, armazenamento o seu reuso e sua disposição final, identificando também a quantidade e os tipos de resíduos sólidos gerados pela construção civil da cidade de Jales/SP, verificou o custo benefício do uso desse tipo de resíduo para a pavimentação e por ultimo selecionou qual local haveria a possibilidade de execução das melhorias das condições do pavimento usando os resíduos recolhidos, o trecho escolhido foi um de aproximadamente 350 m da estrada municipal de Jales.

Após a realização da aplicação desses resíduos sólidos originados da construção civil na pavimentação do trecho citado acima no município de Jales/SP, obtendo resultados bastantes significativos e uma economia de aproximadamente R\$49,00/m³, ao realizar a substituição da pedra brita para por resíduos de construção civil (RCC).

4.1.5 Resíduo de Cerâmica Vermelha

Carvalho (2017) em seu trabalho realizou uma análise e ensaios laboratoriais sobre o uso de cerâmica vermelha em base de pavimentos na cidade de Palmas (TO), utilizando resíduos provenientes de cerâmicas localizadas na própria região, destacando o grande numero de cerâmicas vermelha na região central do Tocantins.

Inicialmente foi realizado pela autora uma amostragem dos solos, por meio de ensaios geotécnicos, identificados e georreferenciados o solo, após essa etapa foi realizado uma comparação de três amostras do solo com a adição de resíduos de cerâmica vermelha (RCV), verificando através de ensaios a caracterização granulométrica e a densidade real dos grãos em cada uma das amostras utilizadas.

- Amostra 1: 60% de solo + 40% de RCV
- Amostra 2: 50% de solo + 50% de RCV
- Amostra 3: 25% de solo + 75% de RCV

Após as análises dessas amostras foi observado que quando adicionado RCV ao solo, havia tanto queda dos valores de Cc quanto de CNU, sendo a melhor condição para a amostra a que contém 50% de Solo + 50% de RCV, sendo essa a mistura mais indicada para o uso de cerâmica vermelha em bases de pavimentação.

4.2 Apresentação das condições gerais da BR 226 no trecho entre os municípios de Florânia/RN e São Vicente/RN

No estudo realizado no trecho da BR 226, foi possível identificar manifestações patológicas como, panela ou buraco, trinca por fadiga, despreendimento do agregado da mistura asfáltica e afundamento.

4.2.1 Panela ou Buraco

Na Figura 16 são apresentadas imagens referentes a manifestação do tipo panela ou buraco.

Figura 16: Patologia do tipo panela ou buraco



Fonte: Autoria Propria (2019)

Causadas geralmente pela umidade excessiva em camadas do solo, pela deficiência de compactação e pela grande quantidade de cargas transportadas em veículos tendo em vista o grande tráfego visto nessa rodovia. Conforme mostrado na Figura 16, esse tipo de patologia foi encontrado por todo o trecho da BR em grandes quantidades e em ambos os sentidos.

Segundo o Manual do DNIT (2006), para esse tipo de manifestação são indicados a execução de remendos para o seu reparo, os remendos são geralmente realizados por meio da colocação ou preenchimento com mistura betuminosa à quente.

4.2.2 Trinca por fadiga

Na Figura 17 são apresentadas imagens referentes a manifestações patológicas do tipo trincas por fadiga.

Figura 17: Patologia do tipo trincas por fadiga



Fonte: Autoria Propria (2019)

De acordo com o manual de avaliação, manutenção e restauração de vias urbanas (2008), essa patologia é causada possivelmente pela espessura insuficiente do revestimento para as cargas que tendem a receber, além disso a existência de camadas instáveis abaixo do revestimento contribui para a ocorrência dessas patologias. Encontrada com grande frequência por todo o trecho da BR em ambos os sentidos, conforme mostrado na Figura 17 esse tipo de patologia foi identificada principalmente no trilho de rodas dos veículos.

Segundo o manual, para a correção desse tipo de patologia é sugerido à selagem

das trincas individualmente, aplicação do selante em toda a área e a retirada do revestimento e/ou camadas inferiores com a execução de um remendo profundo.

4.2.3 Desprendimento do agregado da mistura asfáltica

Na Figura 18 são apresentadas imagens referentes a manifestações patológicas do tipo soltamento do agregado da mistura asfáltica.

Figura 18: Patologia do tipo soltamento do agregado da mistura asfáltica



Fonte: Autoria Propria (2019)

Segundo o manual de avaliação, manutenção e restauração de vias urbanas (2008), esse tipo de patologia é causado geralmente pela falta de adesividade entre os agregados usados, devido a baixa resistência á abrasão dos agregados e execução do revestimento sob condições climáticas não satisfatórias, como mostrada na Figura 18 essa patologia foi identificada na BR com o nível de deteriorização considerado alto, com os agregados soltos e a textura da superfície do pavimento severamente irregular e esburacada.

De acordo com o manual, esse tipo de patologia apresenta como sugestão de correção a limpeza da superfície e a aplicação de ligantes asfálticos, a realização de fresagem da área afetada ou a execução de um revestimento asfáltico em obediência a dosagem adequada para as condições de tráfego e de clima da localidade.

4.2.4 Afundamento

Na Figura 19 são apresentadas imagens referentes à manifestações patológicas do tipo afundamento

Figura 19: Patologia do tipo afundamento



Fonte: Autoria Propria (2019)

O afundamento foi uma manifestação patológica pouco evidenciada no trecho analisado, entre tanto estou observando que sua ocorrência se deu principalmente próximo a correços ou acúmulos de água, conforme indicado por Rodrigues et al (2008), esse tipo de manifestações patológicas tem-se como uma das causas a má compactação das camadas inferiores do revestimento durante a construção e a existência de infiltração nas camadas do pavimento.

Para esse tipo de patologias, o manual indica como sugestão para a correção a reconstrução e recompactação das camadas inferiores a superfície afetada e a execução de drenagens necessárias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levantamentos dos resíduos

- Através dos trabalhos lidos e dos trabalhos pesquisados foi possível perceber os diversos usos que pode ser dado aos resíduos, foram vistos pesquisas do uso de resíduos com, açobrita, RCC (Resíduos de Construção Civil), lodo têxtil, cerâmicas vermelhas e rejeitos de ferro.
- Observou-se também que os resíduos estudados podem ser classificados por regiões, nota-se que em regiões como Minas Gerais existe uma grande diversidade de trabalhos que trazem a usabilidade de resíduos de minérios, devido o seu grande destaque como polo de mineração, já em regiões do nordeste como, por exemplo, o Rio Grande do Norte nota-se um grande número de utilização de resíduos cerâmicos, também decorrente do seu destaque para esse polo de produção, em regiões como, por exemplo, Campina Grande devido o seu polo da indústria têxtil nota-se a pesquisa do uso de resíduos decorrentes do lodo têxtil proveniente dessas produções.
- Em cada um dos trabalhos analisados também é preciso destacar a possibilidade de emprego dos resíduos em substituição aos materiais naturais usados na recuperação ou construção de pavimentos.

Condições gerais do trecho

- Foram identificadas manifestações patológicas por todo o decorrer do trecho manifestações como, panela ou buraco, trinca por fadiga, soltamento do agregado da mistura asfáltica e afundamento.
- Concluindo assim que o trecho analisado não apresenta boas condições, além das patologias foi possível observar a carência de manutenção por todo o trecho, falta de sinalizações e de placas de identificação. Com o seu pavimento do tipo flexível evidenciando defeitos por vários pontos do revestimento do pavimento.
- Observou-se que patologias como trincas, painéis ou buracos aparecem por todo o trecho, as trincas foram as mais recorrentes por todo o trecho.
- Já os afundamentos foram os menos registrados devido à diminuição do tráfego de veículos pesados por essa rodovia decorrente de suas condições.
- A partir de uma análise geral, das condições apresentada pelo pavimento e da viabilidade do uso de resíduos para esses reparos, após todas as realizações dessas pesquisas e análises feita durante todo esse trabalho recomenda-se a execução de uma nova pavimentação seguindo à risca todos os passos e procedimentos das normas que nos rege, tendo em vista que muitas das patologias apresentam como principais causas falhas de projeto e execução inadequada das demais camadas que constituem a estrutura como um todo e tudo isso realizado com a utilização de resíduos de cerâmica vermelha, que é um resíduo abundante na região Seridó do estado do Rio Grande do Norte que é um polo cerâmico, facilitando assim o seu uso na recuperação do trecho analisado, tendo em vista que os municípios de Florânia e São Vicente se encontram dentro desse polo.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: Materiais, projetos e restauração. São Paulo, Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3. ed. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, 2006. 495 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT IPR/720: Manual de restauração de pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2003.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT IPR/720: Manual de restauração de pavimentos asfálticos. Rio de Janeiro, 2006.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. Anuário CNT dos Transportes Estatísticas Consolidadas 2017. Disponível em: < <https://goo.gl/G8fwXK> >; <<https://goo.gl/7FW6oJ>>; <<https://goo.gl/zVFmN8>>; <<https://goo.gl/4kSshD>>. Acesso em: 03 de abril de 2017.

CARVALHO, Silas. Uso de resíduos de cerâmica vermelha para o melhoramento de camadas de pavimentos de baixo tráfego em Palmas/TO. GESTA, Palmas/TO, v. 5, ed. 1, p. 41-52, 2017.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. Glossário de Termos Técnicos Rodoviários. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2017.

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS/ IPR (RJ). NORMA DNIT 061/2004 -TER: Pavimento rígido - Defeitos - Terminologia. **Ministério dos Transportes**, [S. l.], p. 1-13, 25 nov. 2004. *E-book*.

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISAS/ IPR (RJ). NORMA DNIT 005/2003 - TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia. **Ministério dos Transportes**, [S. l.], p. 1-12, 6 ago. 2003. *E-book*.

FALEIROS, L. M. Estradas: pavimento. Franca/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Jul/2005, 39p.

Manual: avaliação, manutenção e restauração de pavimentos de vias públicas/ John Kennedy Guedes Rodrigues; Carlos André da Silva Moraes; Adriano Elísio de Figueiredo Lopes Lucena; Leda Christiane de Figueiredo Lopes Lucena. – Campina Grande: EDUFCG, 2009. 64p.

OLIVEIRA, Alice. Estudos das propriedades mecânicas do lodo têxtil para fins de utilização em pavimentos rodoviários. 2014. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande Centro de Tecnologia e Recursos Naturais Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental Campus 1- Campina Grande, Campina Grande - PB, 2014.

PINTO, J. I. B. R. Caracterização superficial de pavimentos rodoviários. 2003. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2003.

RODRIGUES, Rivelino. Aproveitamento de resíduos da construção civil em reparos de estradas rurais em Jales/SP. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade Brasil Campus de Fernandópolis, Fernandópolis, SP, 2017.

Rohde, L. (2007, junho). *II Simpósio Internacional de TDAH da UFMG*, Belo Horizonte, Brasil.

SANTOS, Osório. Estudo da incorporação de cinza de bagaço de cana-de-açúcar no

material de base de pavimentação. 2018. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da UFOP, Ouro Preto, 2018.

SANTANA FILHO, Joaquim. Estudos de reaproveitamento dos resíduos das barragens de minério de ferro para uso na pavimentação de rodovias e fabricação de blocos intertravados. 2013. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2. ed. São Paulo: Pini, 2008. 128 p.

TARAZONA, N. (2016). Aplicabilidade agregado siderúrgico açobrita misturado com solo em camadas de pavimentos rodoviários. Dissertação de Mestrado, Publicação G. DM-270/16, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 85 p.