

Estudo de Caso das Principais Patologias em Pavimentos Flexíveis na Avenida João Netto de Campos em Catalão – GO

Ferreira, A. V.¹; Coelho, J. M.²; Oliveira, J. K. S. P.³; Pedroso, L. B.⁴; Santos, M. F.⁵

Universidade UNA de Catalão

Diego Faleiros Lopes; Professor Orientador, Curso de Engenharia Civil.
anne.vf99@gmail.com¹; jcoelho67vpe@gmail.com²; juliakarolynne@gmail.com³;
lorranepedroso@outlook.com⁴; matheusfernandes540@gmail.com⁵

Resumo

O presente trabalho faz uma revisão bibliográfica das principais patologias características do pavimento flexível, classificadas de acordo com os defeitos funcionais e estruturais, tais como: fissuras, trincas, ondulações, corrugações, panelas, desgaste, exsudação, afundamento de trilho de roda, posteriormente identifica suas prováveis causas como: falhas na execução do pavimento, materiais de origem duvidosa ou o fluxo de veículos na região e por fim este trabalho apresenta as possíveis técnicas de restauração, entre elas: micro revestimento asfáltico, recapeamento estrutural e fresagem. Através de registros fotográficos feito *in loco* realizado em uma via com fluxo intenso de veículos (motocicletas, veículos de passeio e utilitários, carretas, ônibus e veículos de grande porte em geral), foi possível a estruturação do estudo de caso, permitindo observar alguns dos principais defeitos do pavimento na Avenida João Netto de Campos, como exemplo: ondulações, panelas, trincas tipo couro de jacaré e desgastes. Essas informações contribuíram para o entendimento e a disseminação do conhecimento sobre as patologias encontradas em pavimentos flexíveis.

Palavra-Chave: *Patologia; Patologias em pavimentos; Pavimentos flexíveis; Recuperação.*

Abstract

The present work makes a bibliographical review of the main pathologies characteristic of the flexible pavement, classified according to the functional and structural defects, such as: fissures, cracks, undulations, corrugations, ladles, wear, exudation, sinking of the wheel rail. Its probable causes such as: failures in the execution of the pavement, materials of dubious origin or the flow of vehicles in the region and finally this work present the possible restoration techniques, including: asphalt micro coating, structural resurfacing and milling. Through photographic records made *in loco* carried out on a road with an intense flow of vehicles (motorcycles, passenger and utility vehicles, trailers, buses and large vehicles in general), it was possible to structure the case study, allowing to observe some of the main defects in the pavement on João Netto de Campos Avenue, for example: undulations, pans, cracks such as alligator leather and wear. This information contributed to the understanding and dissemination of knowledge about the pathologies found in flexible pavements.

Keyword: *Pathology; Pathologies in pavements; Flexible floors; Recovery.*

1. INTRODUÇÃO

O Pavimento é uma estrutura composta por camadas sobrepostas, de diferentes materiais, cuja função visa atender ao tráfego de veículos nas rodovias tornando-as confortáveis, seguras e duráveis. As camadas que compõem a estrutura do pavimento classificam-se em Subleito, Regularização, Reforço do Subleito, Sub-base, Base e Revestimento, devem ser moldadas de forma que mesmo submetidas às cargas estáticas ou dinâmicas não sofram grandes deformações, desagregação de componentes ou perda de compactação. Os pavimentos subdividem-se em Pavimentos Rígidos e Pavimentos Flexíveis.

Pavimento rígido é definido por ser pouco deformável, sendo constituído principalmente de concreto de cimento. O Manual do DNIT (2006) caracteriza como um revestimento que possui elevada rigidez em relação às camadas inferiores, sendo assim absorve maior parte das tensões provenientes dos carregamentos aplicados. Pavimento flexível é classificado como aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas.

As patologias de pavimentos asfálticos podem ser descritas como “doenças” ocorridas nos pavimentos. Segundo Capello et al. (2010) as patologias podem se originar devido a projetos mal feitos, a má qualidade dos materiais empregados na construção ou a falta de controle tecnológico. Esses defeitos levam a deterioração do revestimento e das camadas subjacentes, o que conseqüentemente prejudica o rolamento, conforto e a segurança na via, trazendo também prejuízos aos usuários e aos veículos.

De acordo com DNIT (005/2003) podemos citar que as patologias mais encontradas nos pavimentos flexíveis são: fissuras, trincas (trinca isolada transversal, trinca isolada longitudinal, trinca interligada tipo couro de jacaré, trinca interligada tipo bloco), ondulação, escorregamento, exsudação, panela, desgastes e afundamento de trilha de roda.

A fim de encontrar possíveis soluções, o presente trabalho teve como objetivo, apresentar as patologias em pavimentos flexíveis localizado na Avenida João Netto de Campos, bairro Santa Cruz, em Catalão – Goiás, por meio de registros fotográficos feitos in loco, revisão bibliográfica, normas do departamento nacional de infraestrutura de transportes – DNIT, livros e publicações científicas. De modo geral, entender seus efeitos e imperfeições desde a fase de sua construção até os dias atuais. Tendo em vista o tráfego de veículos, que na região são veículos pesados e de movimento muito intenso.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PAVIMENTAÇÃO

É uma estrutura de múltiplas camadas sobrepostas, de diferentes materiais, espessuras finitas e construída sobre a superfície final de terraplenagem. Destinada a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima e também a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

Segundo Balbo (2007), pavimentar é obra de construção civil que tem como objetivo a melhoria operacional para o tráfego através da obtenção de uma superfície regular que proporciona melhor conforto para o usuário da via, que possua aderência capaz de prover mais segurança nos dias em que a rodovia estiver úmida ou molhada, seja menos ruidosa diante da movimentação dos pneus e apta a gerar conforto ambiental mais elevado em vias urbanas e rurais.

Do mesmo modo, o DNIT (2006a) afirma que o pavimento rodoviário é uma superestrutura composta por camadas de espessuras determinadas, sobrepostas em um espaço ilimitado, ao qual é denominado de subleito. Sendo assim, a estrutura precisa atender os seguintes critérios:

- a. Suportar e distribuir ao terreno de fundação as tensões geradas pelo tráfego;
- b. Elevar a qualidade de rolamento no que se refere à comodidade e conforto;
- c. Suportar os esforços horizontais (desgaste), possibilitando maior durabilidade à capa de rolamento.

2.2 ESTRUTURA DO PAVIMENTO

As camadas que compõem a estrutura do pavimento classificam-se em Subleito, Regularização, Reforço do Subleito, Sub-base, Base e Revestimento e devem ser moldadas de forma que mesmo submetidas às cargas estáticas ou dinâmicas não sofram grandes deformações, desagregação de componentes ou, ainda, perda de compactação.

As estruturas de pavimentos são sistemas de camadas assentes sobre uma fundação chamada subleito. O comportamento estrutural depende da espessura de cada uma das camadas, da rigidez destas e do subleito, bem como da interação entre as diferentes camadas do pavimento.

O subleito é constituído de material natural consolidado e compactado, por exemplo, nos cortes de corpo estradal ou por um material transportado e compactado no caso de aterros. Eventualmente, será também aterro sobre corte quando o solo natural não apresentar capacidade mínima de suporte.

O Reforço de subleito é aplicável quando o subleito possui pequena resistência aos esforços verticais (cisalhamento). Faz-se necessário incluir uma camada de solo de melhor qualidade, que sirva como reforço sobre sua superfície, de modo que a fundação subjacente a esse reforço receba pressões de menor magnitude, compatíveis com a sua resistência (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

As Bases e Sub-Bases são camadas cuja função é a resistir a esforços e estabelecer a drenagem subsuperficial. Nos pavimentos asfálticos, as camadas de base, sub-base e reforço do subleito são de grande importância estrutural (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

Para os materiais de base, sub-base e reforço do subleito empregam-se métodos de seleção e de caracterização de propriedades. A seleção é uma etapa preliminar que consiste em averiguar os materiais disponíveis quanto às características de natureza para serem empregados na estrutura dos pavimentos. As características de natureza interferem nas propriedades geotécnicas no estado compactado. De maneira geral, os materiais de pavimentação compactados devem apresentar-se resistentes, pouco deformáveis e com permeabilidade compatível com sua função na estrutura. Os materiais são basicamente constituídos por agregados, solos e eventualmente, aditivos como cimento, cal, emulsão asfáltica, entre outros (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

Esses materiais de base, sub-base e reforço do subleito são ainda classificados segundo seu comportamento frente aos esforços em: materiais granulares e solos, materiais estabilizados quimicamente ou cimentados e materiais asfálticos. Entende-se por materiais granulares aqueles que não possuem coesão (a não ser aparente pela sucção) e que não resistem à tração, trabalhando eminentemente aos esforços de compressão. Os solos coesivos resistem à compressão principalmente e também à tração de pequena magnitude, graças à coesão dada pela fração fina. Os materiais cimentados são materiais granulares ou solos que recebem adição de cimento, cal ou outro aditivo de forma a proporcionar um acréscimo significativo de rigidez do material natural e um aumento da resistência à compressão e à tração.

Há ainda misturas asfálticas e solo-asfalto que se destinam à camada de base e que poderiam ser classificadas como coesivas. Nesse caso a ligação entre agregados ou partículas é dada pelo ligante asfáltico, sendo a resistência à tração bastante superior aos solos argilosos, por isso são enquadrados em classe diferente dos solos e dos materiais cimentados.

Os materiais mais empregados em pavimentação da classe dos granulares e solos são: brita graduada simples (BGS) e bica ou brita corrida, macadame hidráulico, macadame a seco, misturas estabilizadas granulometricamente (estabilizadas por combinação de materiais para atender certos requisitos ou mecanicamente), solo-agregado, solo natural e solo melhorado com cimento ou cal. Deve-se ressaltar ainda a existência de outros materiais de uso crescente em pavimentação, decorrentes de reutilização e reciclagem: escória de alto-forno, agregado reciclado de resíduo sólido de construção civil e demolições, rejeitos de extração de rochas ornamentais, mistura asfáltica fresada e etc.

Os materiais cimentados mais frequentes são: brita graduada tratada com cimento (BGTC), solo-cimento, solo-cal, solo-cal-cimento e concreto rolado (CCR – concreto compactado a rolo). As misturas asfálticas são: solo-asfalto, solo-emulsão, macadame betuminoso e base asfáltica de módulo elevado.

O revestimento asfáltico é a camada constituída por associação de agregados e de materiais asfálticos. O revestimento asfáltico é a camada superior destinada a resistir diretamente às ações do tráfego e transmiti-las de forma atenuada às camadas inferiores, impermeabilizar o pavimento, além de melhorar as condições de rolamento (conforto e segurança). Os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura. Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. No revestimento por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. Quando o pré-envolvimento é feito na usina denomina-se pré-misturado propriamente dito. Quando o pré-envolvimento é feito na pista denomina-se pré-misturado na pista.

Conforme mencionado anteriormente, o pavimento é composto por diversas camadas, estas utilizam diferentes materiais com objetivo de alcançar determinada rigidez, assim, considerando a rigidez obtida para a estrutura dos pavimentos, é possível classificá-los em flexível, semirrígido e rígido (DNIT, 2006a). Recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento.

2.3 TIPOS DE PAVIMENTOS

Atualmente existem três tipos de pavimentos no manual de pavimentação do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte - DNIT (2006). Classificam-se estes como: pavimento rígido, pavimento semirrígido e pavimento flexível.

Pavimento rígido é aquele em que a camada de cobertura apresenta alta rigidez em relação à camada inferior, de modo que realmente absorva todas as tensões causadas pela carga aplicada. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland, de acordo com o DNIT (2006).

Segundo o DNIT (2006) em todas as camadas do pavimento flexível ocorre deformação elástica significativa sob uma carga aplicada, de modo que a carga é distribuída em partes aproximadamente iguais entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica.

O manual de pavimentação do DNIT (2006) determina que o pavimento semi-rígido é caracterizado por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como exemplo: uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica. O pavimento semirrígido pode ser do tipo direto quando a camada de revestimento asfáltico é executada sobre camada de base cimentada, ou do tipo indireto ou invertido, quando a camada de revestimento é executada sobre camada de base granular e sub-base cimentada. (RAMOS, NAYARA, et al., 2017).

2.4 PATOLOGIA

As patologias conhecidas também como defeitos de superfície são os danos ou deteriorações na superfície dos pavimentos asfálticos que podem ser identificados a olho nu e classificados segundo o (DNIT 005/ 2003).

2.4.1 PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

As patologias que se manifestam no pavimento flexível são classificadas como: defeitos de superfícies (quando há exposição do ligante, dos agregados ou o desprendimento dos mesmos), degradações superficiais (ocorre geralmente durante a construção do pavimento e como consequência afeta a composição granulométrica dos agregados, fazendo com que as misturas asfálticas produzidas em campo sejam diferentes daquelas que são projetadas em laboratórios) ou deformações (devido a compactação complementar de camadas mal compactadas ou devido à ruptura por cisalhamento).

Essas patologias podem ser imperfeições funcionais (se refere à capacidade do pavimento de satisfazer sua função, ou seja, é a determinação da capacidade de desempenho funcional momentânea e serventia que o pavimento proporciona ao usuário), e também podem ser imperfeições estruturais (a avaliação estrutural de pavimentos consiste na análise das medidas de deslocamentos verticais recuperáveis da superfície do pavimento quando submetido a determinado carregamento). As terminologias dos defeitos são catalogadas pela norma DNIT (005/2003).

2.4.1.1 TRINCAS

Segundo a norma DNIT (005/2003), as trincas são fendas existentes no revestimento que podem ser facilmente visíveis a vista desarmada, possuindo uma abertura superior à da fissura e devem-se apresentar sob a forma de trinca isolada ou interligada.

2.4.1.2 TRINCA ISOLADA

2.4.1.2.1 Trinca Transversal

De acordo com DNIT (005/2003) as trincas transversais (representadas na figura 1) são trincas isoladas que apresentam direção predominantemente ortogonal ao eixo da via. Quando essa apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca transversal curta e, quando apresentar extensão superior a 100 cm é denominado trinca transversal longa.



Figura 1 - Trinca Isolada Transversal. Fonte: DNIT (005/2003).

2.4.1.2.2 Trinca Longitudinal

As trincas longitudinais são trincas isoladas que apresentam direção predominante paralela ao eixo da via, demonstrada na figura 2. Quando a trinca apresentar extensão de até 100 cm é denominado trinca longitudinal curta e, quando a extensão se apresentar maior que 100 cm é denominado trinca transversal longa (DNIT 005/2003).



Figura 2 - Trinca Isolada Longitudinal. Fonte: DNIT (005/2003).

2.4.1.3 TRINCA INTERLIGADA

2.4.1.3.1 Trinca tipo “Couro de Jacaré”

Segundo DNIT 005/2003 é um conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se a um aspecto estilo couro de jacaré. Essas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada e estágio avançado de fadiga. Primeiramente apresentam-se de forma isolada e, à medida que progridem com o tempo, interligam-se e ficam com o aspecto de pele de crocodilo (SILVA, 2008). As trincas tipo couro de Jacaré são exemplificadas abaixo na figura 3.



Figura 3 - Trinca tipo Couro de Jacaré. Fonte: (Bernucci, 2008).

2.4.1.3.2 Trinca tipo “bloco”

As trincas tipo bloco são trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas (DNIT 005/2003), conforme demonstra a figura 4. A formação das trincas tipo bloco é um indicativo de que o asfalto sofreu forte endurecimento devido a sua oxidação ou volatilização dos maltenos, tornando-os menos flexíveis. Essas trincas se formam devido à retração do revestimento asfáltico e por variações diárias de temperatura (SILVA,2008).



Figura 4 - Trinca interligada tipo “bloco”. Fonte: DNIT (005/2003).

2.4.1.4 ONDULAÇÕES OU CORRUGAÇÕES

De acordo com DNIT 005/2003 são deformações caracterizadas por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento. As corrugações são deformações transversais ao eixo da pista, em geral compensatórias, com depressões intercaladas de elevações e comprimento de onda entre duas cristas de alguns centímetros ou dezenas de centímetros. As ondulações são também deformações transversais ao eixo da pista, em geral decorrentes da consolidação diferencial do subleito (representadas na figura 5), diferenciadas da corrugação pelo comprimento de onda entre duas cristas da ordem de metros. São decorrentes de fenômenos diferentes (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*,2008).



Figura 5 - Ondulação. Fonte: Dnit (005/2003).

2.4.1.5 PANELAS

As panelas ou buracos são cavidades no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008). Essa patologia surge com a evolução de outras, como fendas, desgastes, afundamentos e falta de aderência entre camadas, formando um buraco ou cavidade no revestimento, suscetível a passar para a base (PINTO, 2003). As panelas são exemplificadas abaixo na figura 6.



Figura 6 - Panelas. Fonte: DNIT (005/2003).

2.4.1.6 FISSURAS

De acordo com DNIT 005/2003, fissuras são fendas de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 metros, conforme mostra a figura 7.



Figura 7 - Fissura. Fonte: CNT (2018).

2.4.1.7 ESCORREGAMENTO

Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia lua (DNIT 005/2003), demonstrado abaixo na figura 8. A baixa resistência da massa asfáltica ou a falta de aderência entre as camadas de revestimento e a camada subjacente são os motivos para a formação dessas fendas em forma de meia lua. Os veículos são os responsáveis pela sua formação, resultado da frenagem (PINTO, 2008).



Figura 8 - Escorregamento do revestimento. Fonte: Inova Civil (2019).

2.4.1.8 EXSUDAÇÃO

A exsudação do asfalto ocorre em sua superfície por conta da dilatação do asfalto no calor, o qual encontra dificuldade em ocupar espaço devido ao baixo volume de vazios ou ao excesso de ligante, havendo menor viscosidade do asfalto e consequentemente envolvimento dos agregados grossos e redução da macro textura. Tem sua forma brilhosa e isso se deve ao excesso de ligante betuminoso (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2006), conforme apresentado abaixo na figura 9.



Figura 9: Ilustração da exsudação. **Fonte:** DNIT (005/2003).

2.4.1.9 DESGASTE

De acordo com DNIT 005/2003 o desgaste é o efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, o qual é caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego. Onde há um avançado estágio de desgaste da superfície ocorre a extração gradativa dos agregados, consequência da ação abrasiva do tráfego, o que confere uma aspereza superficial (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2006). O desgaste é demonstrado abaixo na figura 10.



Figura 10 - Desgaste. Fonte: DNIT (005/2003).

2.4.1.10 AFUNDAMENTO DE TRILHO DE RODA

São causados por consolidação ou movimento lateral dos materiais quando sujeitos às cargas produzidas pelo tráfego. Segundo PINTO (2003) devido às deficiências na sua formação ou execução, altas temperaturas e por conta do tempo de aplicação das cargas, as pistas de rolamento acabam por não ter uma capacidade de carga adequada. Podem se formar rodeiras de pequeno raio que se formam em decorrência da baixa resistência à deformação plástica de misturas betuminosas e rodeiras de grande raio que se formam quando as camadas e as fundações não possuem capacidade suficiente de suporte. A figura 11 exemplifica o afundamento do trilho de roda.



DNIT-005-2003-TER Foto 05: afundamento de trilha de roda

Figura 11 - Afundamento de trilho de roda. Fonte: DNIT (005/2003-TER).

2.5 DNIT 005/2003

Norma elaborada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa, baseada na norma DNIT 001/2002 – PRO, cancela e substitui a norma DNER – TER 001/78. Tem como objetivo definir os termos técnicos empregados em defeitos (patologias) que ocorrem nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos, e auxilia na padronização da linguagem adotada na concepção das normas, manuais, projetos e textos relativos a pavimentos semi-rígidos e flexíveis (DNIT,005/2003).

No item 3.9, anexo A e B, o DNIT (005/2003) especifica as trincas, codifica as outras patologias (defeitos) determinadas nesta norma e representa esquematicamente, conforme as figuras abaixo:

Anexo A (normativo)

Quadro resumo dos defeitos – Codificação e Classificação

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

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

Figura 12 - Classificação e Codificação. Fonte: DNIT (005/2003).

Anexo B (informativo)

Representação esquemática dos defeitos ocorrentes na superfície dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos

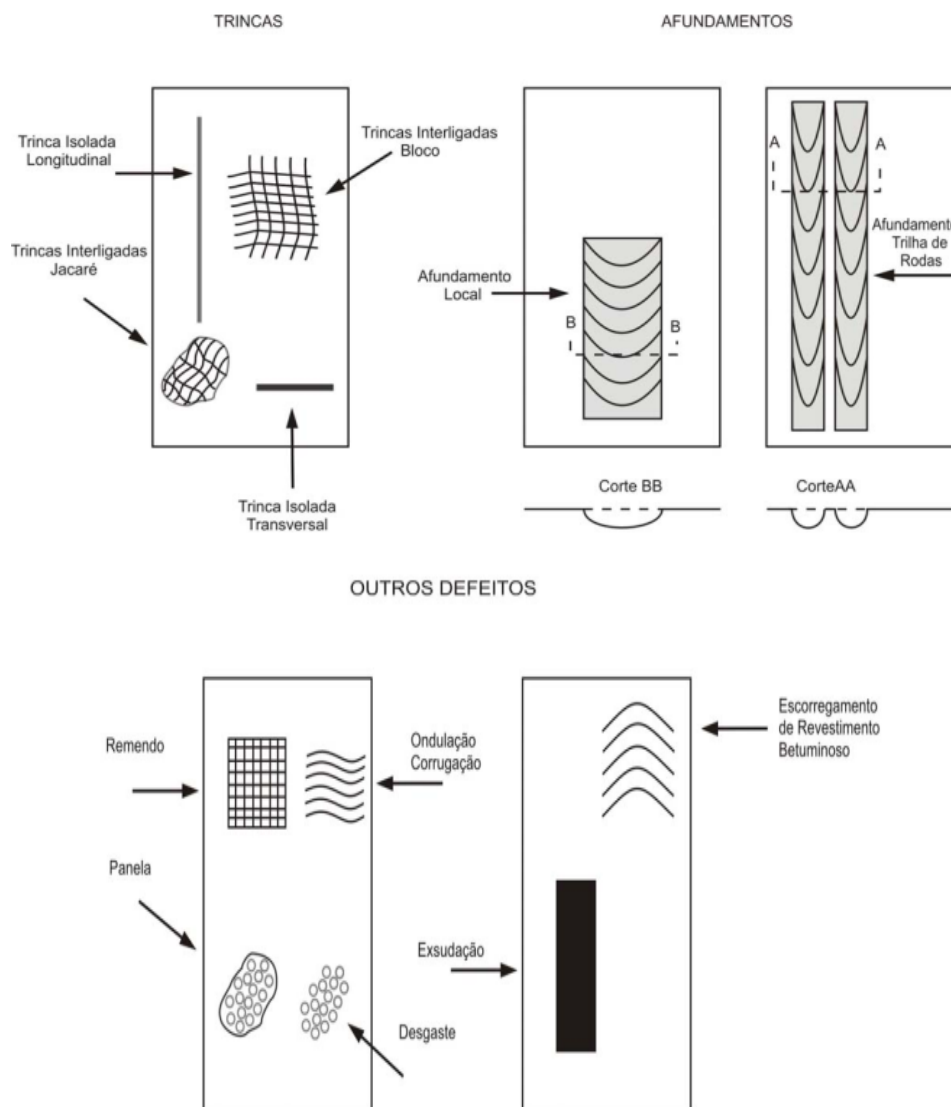


Figura 13 - Representação das patologias. Fonte: DNIT (005/2003).

2.6 TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO ASFÁLTICA

Para definir as alternativas de restauração é necessário realizar um estudo para averiguar a condição do pavimento existente. Este estudo é precedido por duas avaliações, uma funcional e outra estrutural. Essas avaliações fornecem dados para a análise das condições da superfície do pavimento e de sua estrutura, possibilitando a melhor alternativa para a restauração ideal para o local (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Na avaliação funcional é verificada a condição da superfície do pavimento, por meio do levantamento e análise de defeitos superficiais, e da condição de irregularidade longitudinal. Os principais defeitos considerados na avaliação funcional são: área trincada e severidade do trincamento, deformações permanentes e irregularidade longitudinal (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

Na avaliação estrutural é verificada a condição da estrutura do pavimento de suportar cargas, por meio de levantamentos não destrutivos pela determinação da deflexão superficial resultante da aplicação de uma carga conhecida. O principal parâmetro considerado na avaliação estrutural é a deflexão na superfície e a bacia de deformação. A deflexão é normalmente utilizada para delimitar segmentos considerados como homogêneos quanto à condição estrutural (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

A restauração de um pavimento asfáltico não é exclusiva para o reparo de problemas estruturais ou funcionais. Quando é previsto o aumento de tráfego em uma determinada via, técnicas são aplicadas para que possam permitir o aumento da capacidade estrutural do pavimento. Tais técnicas podem ser a aplicação de novas camadas, ou seja, um recapeamento ou a própria recuperação das camadas existentes e a reciclagem (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

Principalmente no caso de trincas isoladas pode-se utilizar a técnica de selagem que irá impedir a propagação da trinca e evitará a necessidade de uma restauração mais complexa. Quando o pavimento apresenta um grau elevado de trincamento, desagregação e extrema atividade abrasiva do tráfego são necessárias a combinação de técnicas de restauração, podendo ser feito a fresagem do pavimento, em seguida faz-se a reperfilagem com uma camada de concreto asfáltico e mais uma camada de micro revestimento (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

Para corrigir deformações e melhorar as condições de rodagem pode ser executado a reperfilagem, que consiste na aplicação de uma camada fina de material betuminoso misturado. Em áreas mais irregulares são indicados os remendos localizados antes da execução da camada (DNIT, 2006).

Nos casos de afundamento do pavimento a correção seria restabelecer a seção transversal do pavimento, contudo fazem-se necessários estudos especiais para definir o grau do problema. Os afundamentos localizados podem ser corrigidos mais facilmente restabelecendo a seção transversal com massa betuminosa. Em afundamentos de trilha de roda e afundamentos plásticos que possuem maior severidade de danos no pavimento utiliza-se uma técnica mais robusta como recapeamento (PINTO e PREUSSLER, 2002).

O recapeamento com concreto asfáltico é muito utilizado quando o pavimento apresenta irregularidade elevada. Além do SMA ou misturas descontínuas que permitem uma melhor condição de escoamento da água, antes da aplicação da camada de recapeamento é ideal a fresagem em casos onde seja necessária a diminuição da propagação de trincas presentes no revestimento antigo (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

Para a ideal restauração do pavimento asfáltico não basta apenas uma camada de recapeamento. Devido às trincas existentes no revestimento antigo são criadas tensões de tração nas camadas de recapeamento. A reflexão das trincas ocorre normalmente das camadas inferiores em direção às camadas superiores (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

A fim de evitar a propagação dessas trincas, podem ser usadas algumas técnicas em conjunto com a camada de recapeamento, uma delas é o emprego de geossintéticos como mostra abaixo na figura 14, que podem desviar as trincas ou converte-las em microfissuras à medida que se propagam. Os geotêxteis são empregados com ligante asfáltico entre o revestimento antigo e o recapeamento, por ser impregnado com ligante asfáltico ao se usar o geotêxtil entre as camadas de revestimentos haverá uma maior taxa de ligante asfáltico, maior do que se fosse usada apenas uma pintura de ligação. O geotêxtil causa um retardo na reflexão das trincas ou até refleti-las de modo atenuado na direção horizontal (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

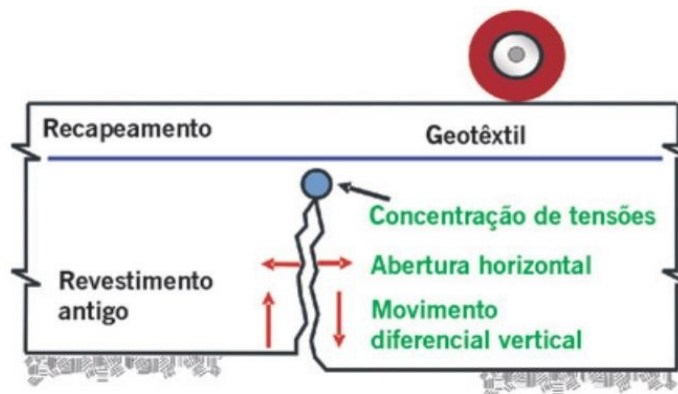


Figura 14 - Posicionamento de geotêxtil em pavimento recapeado.
 Fonte: Bernucci, Motta, et al. (2008, p. 469).

Outra técnica que pode ser usada, é executar uma camada de SAMI (stress absorbing membrane interlayer) sobre o revestimento antigo. A SAMI ou camada intermediária de alívio de tensões em razão da característica elástica recuperadora do ligante asfáltico utilizado age diminuindo os movimentos e as tensões nas trincas ou juntas de baixa a média severidade, podendo ser constituída por microrrevestimento asfáltico, borracha de pneus, ligantes asfálticos modificados ou até misturas asfálticas com alto teor de asfalto modificado em camadas finas (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

As camadas de dissipação de trincas são aplicadas sobre o revestimento deteriorado e sobre ela uma camada de recapeamento asfáltico, representados na figura 15. Por causa do grande volume de vazios nesse tipo de camada, a propagação das trincas é interrompida, até mesmo as propagações sujeitas a grandes movimentos (BERNUCCI, MOTTA, et al., 2008).

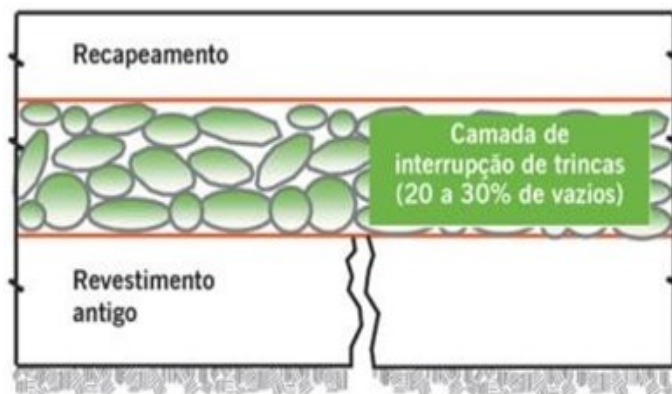


Figura 15 - Posicionamento de camada de interrupção de trincas. Fonte: Bernucci, Motta, et al. (2008, p. 473).

“Camadas de dissipação de trincas são camadas granulares com poucos finos e agregados com diâmetro máximo de 75mm granulometria aberta e podem ser misturadas com pequeno teor de ligante asfáltico, tipicamente um pré-misturado a quente, que são executadas sobre o revestimento antigo deteriorado.” (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008, p. 472).

Aumentar a espessura do recapeamento não previne de trincas por reflexão, contudo é uma opção, pois diminui a velocidade de propagação e a gravidade das trincas refletidas. Os esforços de cisalhamento e flexão e a variação de temperatura no revestimento são reduzidos com o aumento da espessura. O custo-benefício dessa técnica é considerado quando da escolha da melhor técnica de reparação para o pavimento deteriorado (BERNUCCI, MOTTA, *et al.*, 2008).

Quando ocorre a ação combinada da umidade e do tráfego pesado no pavimento asfáltico, em determinado momento o pavimento irá apresentar defeitos, ou até quando há abertura de valas para construção ou manutenção das redes de água, esgoto, gás ou outros serviços. Em ambos os casos a técnica mais utilizada é a execução do remendo (YOSHIZANE, 2005).

Os buracos ou panelas são os principais defeitos que requerem a aplicação de um remendo o mais cedo possível. As panelas permitem que a água penetre no pavimento, enfraqueça as camadas e acelere a deterioração do revestimento. Além dos problemas estruturais os buracos que não recebem a aplicação de um remendo causam desconforto, aumento dos custos de rodagem e afetam a segurança dos motoristas (YOSHIZANE, 2005).

Nos casos em que os remendos serão permanentes são necessários que estes sejam remendos profundos, ou seja, é necessário que seja feita a retirada de material da área danificada. A profundidade necessária será até que se estabeleça uma fundação firme, caso seja necessário, pode-se retirar até parte do subleito (DNIT, 2006).

3. METODOLOGIA

No presente trabalho realizou-se um estudo de caso, na Avenida João Netto de Campos, situada no bairro Santa Cruz na cidade de Catalão – GO, por meio de registros fotográficos *in loco*, com o intuito de identificar a existência de patologias no pavimento local, na data de 08 de maio de 2021, por volta das 09:00 horas, quando a intensidade do tráfego é reduzida. O local onde foi realizado o estudo segue demonstrado a seguir na Figura 16.



Figura 16 - Localização das patologias no trecho do estudo de caso. Fonte: Google Earth.

Além do estudo de caso, foi realizado paralelamente uma pesquisa bibliográfica através de artigos, dissertações, normas regulamentadoras, livros e internet com o propósito de obter amplo conhecimento sobre as principais patologias encontradas em pavimentos flexíveis e suas devidas técnicas de restauração e conservação.

4. RESULTADOS

Este trabalho considerou algumas patologias localizadas nas ruas da cidade de Catalão - GO. A classificação dos defeitos no pavimento seguiu criteriosamente a norma DNIT 005/2003, pelo meio de levantamento visual e fotográfico, com o objetivo de observar e identificar as principais patologias.

4.1 Trincas tipo couro de jacaré

Na primeira parte do trecho analisado foi observado o surgimento de trincas do tipo couro de jacaré como demonstrado na figura 17a e a figura 17b apresenta as trincas tipo couro de jacaré encontradas na terceira parte de trecho estudado. Suas variadas causas de ocorrência são colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego, subdimensionamento ou má qualidade da estrutura de uma das camadas do pavimento, baixa capacidade de suporte do solo, envelhecimento do pavimento (fim da vida) e asfalto duro ou quebradiço (CNT, 2017, p 85).



(a)



(b)

Figura 17 (a-b) - Trinca tipo couro de Jacaré. Fonte: Autoria Própria.

Para trincas do tipo couro de jacaré pontua-se que em suas formas de recuperação e reparos podem-se utilizar as técnicas de capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico.

Para Yoshizane (2005), a capa selante é a atividade que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregado continuamente sobre a superfície do pavimento tendo a finalidade de rejuvenescer o revestimento asfáltico, restabelecer o coeficiente de atrito pneu-pavimento, selar trincas com pequena abertura, impedir a entrada de água na estrutura do pavimento e retardar o desgaste causado por intemperismo (YOSHIZANE, 2005, p.8).

Segundo Bernucci (2008), o tratamento superficial consiste em aplicação de ligantes asfálticos e agregados (sem mistura prévia) na pista, com posterior compactação que promove o recobrimento parcial e a adesão entre agregados e ligantes. O tratamento é realizado conforme a seguinte sequência: coloca-se a primeira camada de ligante, em seguida uma camada de agregado e logo depois o processo de compactação.

O micro revestimento asfáltico é uma técnica que pode ser considerada uma evolução, pois usa o mesmo princípio e concepção, porém utiliza emulsões modificadas com polímero para aumento a sua vida útil, uma mistura a frio processada em usina móvel especial de agregados minerais, filer, água, emulsão com polímero e eventualmente adição de fibras (BERNUCCI, 2008, p.186-191).

4.2 Painelas

As figuras 18 (a-b) mostram as patologias do tipo painelas ou buracos encontrados na segunda parte do trecho da Avenida João Netto de Campos. Suas prováveis causas de ocorrência são excesso de carga por eixo dos veículos, deficiência de projeto, deficiências construtivas, ação da água devido à infiltração, entre outros (DNIT, 2005, p 321).



(a)



(b)

Figura 18 (a-b) - Panela. Fonte: Autoria Própria.

Os buracos ou panelas são os principais defeitos que requerem a aplicação de um remendo o mais cedo possível. Os buracos permitem que a água penetre no pavimento, enfraqueça as camadas e acelere a deterioração do revestimento. Além dos problemas estruturais os buracos, que não recebem a aplicação de um remendo, causam desconforto, aumento dos custos de rodagem e afetam a segurança dos motoristas (YOSHIZANE, 2005).

4.3 Ondulações

As ondulações conforme demonstram as figuras 19 (a-b) puderam ser observadas na terceira parte do trecho estudado. As prováveis causas de suas ocorrências são instabilidade da mistura betuminosa da camada de revestimento e/ou a base do pavimento, excesso de umidade das camadas subjacentes, contaminação da mistura asfáltica por materiais estranhos e retenção de água na mistura asfáltica (DNIT, 2005, p 381).



(a)



(b)

Figura 19 (a-b) - Ondulação. Fonte: Autoria Própria.

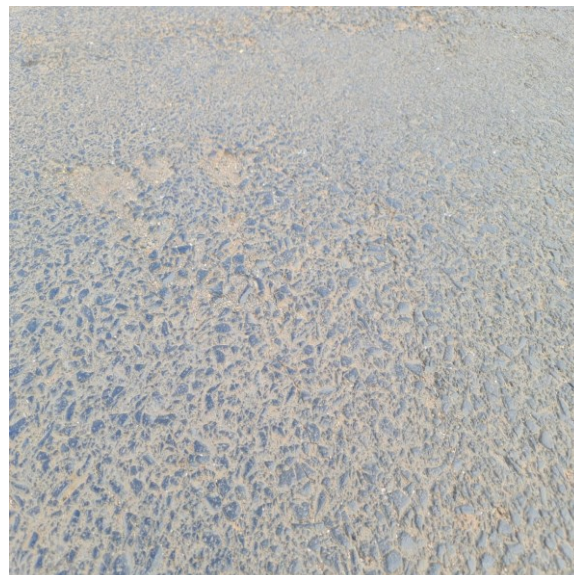
Para a restauração de ondulações recomenda-se a aplicação da técnica de fresagem e recapeamento estrutural. A fresagem é uma operação de corte do revestimento asfáltico existente em um trecho de via ou de outra camada do pavimento para restauração da qualidade ao rolamento da superfície ou como melhoramento da capacidade de suporte, para realizar a fresagem faz-se necessário o uso de máquinas especiais (BERNUCCI, 2008, p 188). O Recapeamento estrutural é a construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento existente, incluindo geralmente uma camada para corrigir o nivelamento do pavimento antigo seguida de uma camada com espessura uniforme (YOSHIZANE, 2005, p 9).

4.4 Desgaste

O desgaste (apresentado na figura 20 a-b) pode ser observado na quarta e ultima parte do trecho analisado. O desgaste está associado ao tráfego e ao intemperismo, e é resultante da deficiência na ligação entre os componentes das misturas betuminosas ou à sua má formulação com a utilização de materiais não apropriados e erros na construção, como a má compactação e problemas na execução da base.



(a)



(b)

Figura 20 (a-b) - Desgaste. Fonte: Autoria Própria.

Segundo Bernucci et al. (2006) em situações onde há um avançado estágio de desgaste da superfície ocorre a extração gradativa dos agregados, consequência da ação abrasiva do tráfego, conferindo uma aspereza superficial. Para sanar esse tipo de patologia é preciso aplicar uma camada de micro revestimento asfáltico (camada fina de recape) aumentando assim a vida útil.

5. CONCLUSÃO

O presente artigo apresenta as principais patologias encontradas em pavimentos flexíveis, caracterizadas como defeitos funcionais e estruturais. Todavia existem outros fatores que podem impactar diretamente no surgimento desses defeitos, como por exemplo, os tipos de materiais utilizados e suas características intrínsecas, o processo construtivo e o projeto relacionado ao levantamento de tráfego.

A Avenida João Netto de Campos é uma das vias de acesso à faculdade e as mineradoras da cidade de Catalão, possuindo intenso fluxo de motocicletas, veículos de passeio e utilitários, carretas, ônibus e veículos de grande porte em geral, contribuindo com o surgimento de diversos tipos de patologias no pavimento, tais como ondulações, painéis, trincas tipo couro de jacaré e desgaste. A má qualidade dos materiais, instabilidade da mistura betuminosa, falhas na execução do projeto e excesso de carga por eixo de veículo são algumas das prováveis causas destes defeitos. Estes fatores foram determinantes para a escolha do local de estudo.

O conhecimento técnico adquirido através de estudos bibliográficos, normas regulamentadoras, artigos, estudo de caso e registros fotográficos *in loco*, possibilitou reconhecer e identificar as patologias existentes no local, causas prováveis como alto fluxo de veículos, excesso de carga por eixo dos veículos, materiais de origens duvidosas e falhas no processo de execução e, por fim, sugerir possíveis técnicas de reparo, entre elas: micro revestimento asfáltico, remendos e recapeamento estrutural. Assim, este artigo contribui com o entendimento e a disseminação do conhecimento sobre os principais defeitos encontrados em pavimentos flexíveis.

Referências

- ALVES, M. T. O.; FERNANDES, R. E. C.; BERTEQUINI, A. B. T. **Patologias em pavimento flexível**. XVII ENPEX. São Paulo, UNITOLED, 2018.
- BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008.
- DNIT. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos terminologia**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2003.
- DNIT. **Manual de pavimentação**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006.
- DNIT. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2006.
- PINTO, S.; PREUSSLER, E. **Pavimentação rodoviária: Conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: s.pinto, 2002.
- RAMOS, O. N.; SILVA, E. S.; OLIVEIRA, A. L.; OLIVEIRA, H. M.; HENNIG, T. M.; FILHO, R. A. O.; COSTA, E. K. **Análise patológica em pavimento semi-rígido na rua Santinho Amorin no bairro Panorama em Montes Claros – mg**. 11º FEPEG – fórum ensino, pesquisa, extensão e gestão. Montes Claros – MG, 2017.
- RIBEIRO, T. P. **Estudo descritivo das principais patologias em pavimento flexível**. Revista científica multidisciplinar núcleo do conhecimento. Edição 04. Ano 02, vol. 01. pp 733-754, julho de 2017.
- YOSHIZANE, H. P. **Defeitos, manutenção e reabilitação de pavimento asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET. Limeira, p. 24. 2005.