

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PAVIMENTO FLEXÍVEL

PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN THE FLEXIBLE FLOOR

José Dionísio da Silva Neto¹

Monalyssa Caroline Lira da Silva Ramos²

RESUMO

O modal rodoviário é o maior sistema de transporte utilizado no Brasil e possui extrema importância no âmbito econômico e social do país. Tendo em vista a amplitude deste sistema, faz-se necessário o estudo dos defeitos encontrados nas vias ao longo de sua vida útil. Com base nisso, o presente artigo foi desenvolvido através de revisão bibliográfica efetuada por meio de pesquisas em materiais digitais como artigos científicos, livros, sites e manuais e busca descrever e analisar as principais patologias encontradas na pavimentação asfáltica e suas principais formas de tratamento e recuperação. Existem vários fatores que influenciam no surgimento de manifestações patológicas como por exemplo tráfego, excesso de carga, intemperismo, além de outras causas que também estarão descritas neste trabalho e que podem ser minimizadas com o empenho e o investimento necessário para a manutenção da malha rodoviária.

Palavras-chave: Patologia. Pavimentação. Recuperação.

ABSTRACT

Road transport is the largest transportation system used in Brazil and is extremely important in the country's economic and social sphere. In view of the breadth of this system, it is necessary to study the defects found in the roads throughout its useful life. Based on this, this article was developed through a bibliographic review carried out through research on digital materials such as scientific articles, books, websites and manuals and seeks to describe and analyze the main pathologies found in asphalt pavement and its main forms of treatment and recovery. There are several factors that influence the emergence of pathological manifestations such as traffic, overload, weathering, in addition to other causes that will also be described in this work and that can be minimized with the effort and investment necessary to maintain the road network.

Keywords: Pathology. Paving. Recovery.

¹ Graduando em Engenharia Civil; Centro Universitário Facol, Vitória de Santo Antão-PE; *e-mail*: jose-neto2015@outlook.com

² Orientador(a) Msc. em Engenharia Civil; Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, *e-mail*: prof.monalyssa@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o mais importante no Brasil e as obras de pavimentação asfáltica, tecnicamente conhecidas como pavimento flexível, são utilizadas em larga escala no mundo todo para a construção de estradas e rodovias por sua eficiência e facilidade de execução.

O objetivo principal das estradas é permitir o tráfego satisfatório e seguro dos usuários durante toda a sua vida útil, mas com o passar dos anos é inevitável o aparecimento de deformações e a degradação do pavimento em questão por conta de alguns fatores como projetos mal elaborados, má execução da obra, má qualidade de materiais, incidência de intempéries e principalmente falta de manutenção. De acordo com pesquisas feitas pela CNT (Confederação Nacional de Transportes, 2016), uma grande parte das rodovias pavimentadas do Brasil não está em um bom estado de conservação, onde cerca de 60% dos pavimentos analisados apresentam algum tipo de manifestação patológica e em média 49% dos casos são classificados entre regular, ruim ou péssimo estado, expondo a necessidade de investimentos no setor rodoviário.

Os dados apresentados acima permitem fazer o seguinte questionamento: Quais são os fatores predominantes para o surgimento de patologias nos pavimentos flexíveis? Com base nisso, o presente estudo foi desenvolvido através de revisão bibliográfica efetuada por meio de pesquisas em materiais digitais como artigos científicos, livros, sites e manuais, compreendidas entre os meses de março e junho de 2020, objetivando descrever e analisar as principais patologias encontradas na pavimentação asfáltica e suas principais formas de tratamento e recuperação.

2 METODOLOGIA

Inicialmente, para a construção deste artigo houve uma preocupação em definir os principais pontos do assunto em questão de modo a facilitar as consultas, selecionadas a partir de fatores como origem, disposição e recuperação das patologias. Como já citado, o método utilizado foi revisão bibliográfica, onde as pesquisas foram realizadas no primeiro semestre do ano

de 2020 através de materiais como artigos científicos, sites, manuais e livros com autores renomados como Liedi Bernucci e Paulo Fernando de Araújo Silva.

De acordo com Ruiz (1991) a pesquisa científica é definida como “a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência”.

Com o embasamento adquirido, foi feita uma explanação acerca das definições de pavimento, pavimento flexível e suas abordagens a partir das diversas fontes disponíveis, bem como a caracterização dos problemas que podem surgir nesses tipos de estrutura com o passar do tempo e suas respectivas maneiras de manutenção e recuperação, tornando possível uma análise sucinta sobre o determinado tema.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Conceito de Pavimento

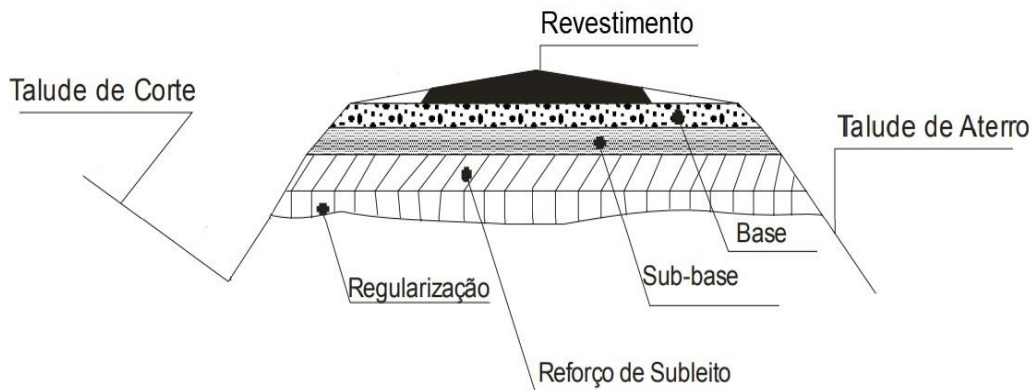
Pavimento é uma estrutura constituída após a execução da terraplanagem e possui variadas camadas que tem a função de resistir e distribuir os esforços proporcionados pelo tráfego de veículos e pelas condições climáticas, assim como melhorar as condições de rolamento relacionadas à segurança e ao conforto dos usuários (BERNUCCI, et al., 2006).

De maneira mais técnica, “pavimento é como uma superestrutura constituída por um sistema de camadas de espessuras finitas, assente sobre um semi-espaço considerado teoricamente infinito, a infraestrutura ou terreno de fundação, a qual é designada de subleito” (DNIT, 2006, p. 95).

Os pavimentos estão divididos basicamente em dois tipos: flexíveis e rígidos, a principal diferença entre eles é o fato de os pavimentos flexíveis serem compostos por revestimento asfáltico e os rígidos possuem placas de concreto de cimento Portland como revestimento.

A figura a seguir apresenta uma ilustração de como estão dispostas as camadas do pavimento:

Figura 01 - Camadas de um pavimento



Fonte: Guia da Engenharia, 2019.

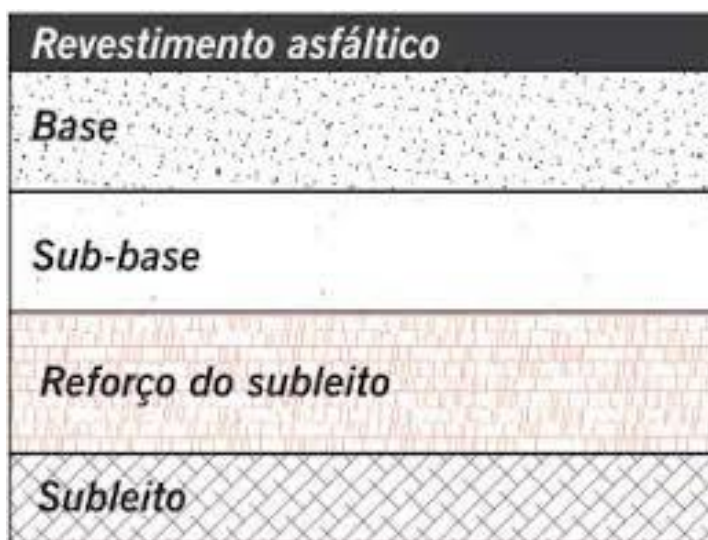
O subleito é a camada composta pelo terreno natural, podendo ser reforçado por compactação ou substituição do material com o objetivo de proporcionar o aumento da sua rigidez. A sub-base é constituída de materiais granulares que mudam a rigidez da camada e tem a função de diminuir a espessura da base, que por sua vez, é formada também por materiais granulares que fazem o trabalho de receber as cargas da camada superior e distribuí-las para as camadas inferiores. Já o revestimento, como o próprio nome já diz, é a camada mais superficial do pavimento, responsável por absorver e distribuir para as camadas estruturantes os esforços gerados pelo tráfego.

3.2 Pavimento Flexível

Os pavimentos flexíveis são aqueles que possuem revestimento constituído por uma camada superficial asfáltica, postado sobre as camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, compostas por materiais granulares, sendo eles solos ou misturas de solos, não contendo adição de agentes cimentantes e que sofrem deformação elástica em todas as camadas quando submetidos a carregamentos, desta forma, os esforços se distribuem em parcelas aproximadamente equivalentes e com pressões concentradas (DNIT, 2006).

A camada de rolamento do pavimento flexível, conhecida como revestimento, é composta por um material asfáltico disposto sobre as camadas adjacentes, como mostra a figura 2.

Figura 02 – Camadas do pavimento flexível

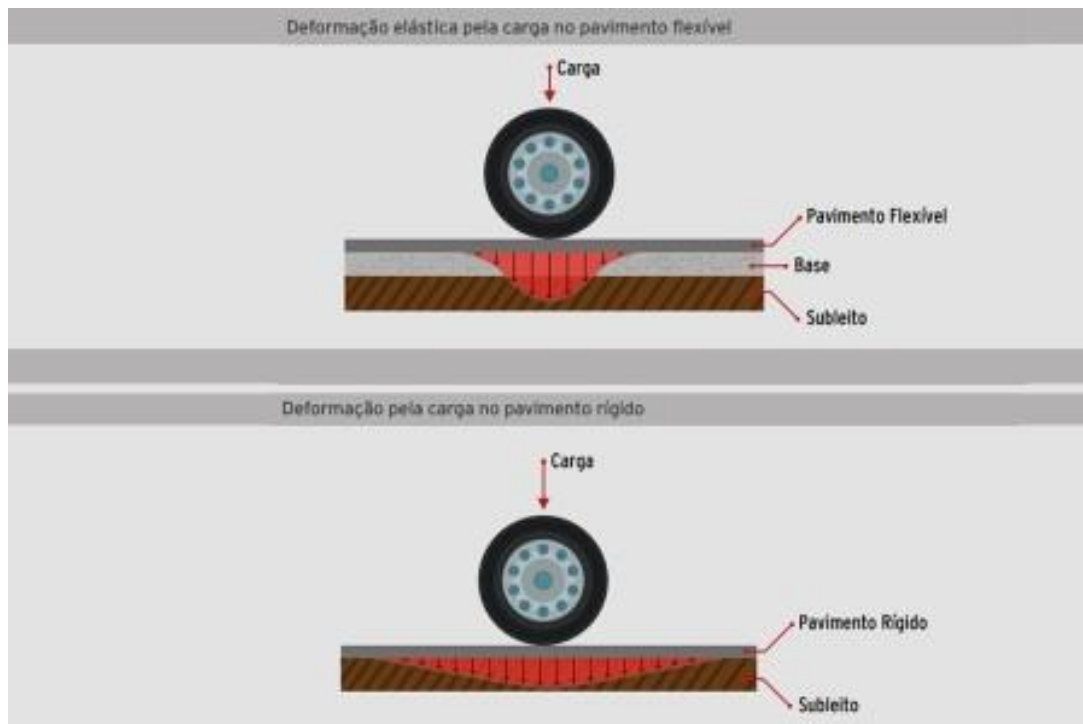


Fonte: Bernucci, *et al.*, 2006.

Devido ao fato de receber cargas elevadas e ser composto por materiais deformáveis, esse tipo de pavimento normalmente requer grandes espessuras que possam garantir que a resistência do solo de fundação seja maior que as tensões por ele recebidas (PINTO, 2003). Ainda segundo Pinto (2003), a coesão ocorrente entre as camadas nos pavimentos flexíveis é menor, provocando um afundamento, de profundidade significativa, na superfície.

De acordo com Silva (2008), o pavimento flexível possui uma deformação elástica mais expressiva quando comparado ao pavimento rígido, chamada de deflexão, na qual as camadas absorvem as cargas de maneira dividida e as tensões encontram-se concentradas nas camadas inferiores próximo ao ponto de aplicação. Essa relação está representada na figura 3.

Figura 03 – Distribuição de carga no pavimento flexível x rígido



Fonte: Engenharia Rodoviária, 2020.

3.3 Patologias no Pavimento Flexível

Morfologicamente, a palavra “patologia” é derivada do grego *pathos* (doença), *logia* (estudo), ou seja, estudo da doença, no ramo da construção civil o uso desse termo é atribuído aos estudos e análises realizados em função de danos que podem aparecer em estruturas como edificações, pontes, estradas, rodovias, entre outras, originados por conta do uso de materiais de má qualidade ou falhas na execução, esses danos podem ocorrer ainda na fase de execução de uma obra ou após o seu término.

No âmbito rodoviário, as manifestações patológicas são comprovadas por meio de alterações na estrutura ou na superfície de um pavimento que podem vir a comprometer de maneira expressiva o seu desempenho, conforme afirma Castro (2009). No pavimento flexível essas manifestações possuem diferentes classificações devido a fatores como exposição ou desprendimento de agregados, exposição de ligante, deterioração ou defeitos superficiais que ocorrem geralmente durante o período de execução da obra de pavimentação, afetando assim a granulometria dos agregados, o que faz com que ocorra

diferenças entre as misturas asfálticas feitas em campo e as projetadas em laboratório, além de deformações ocasionadas por conta de rupturas por cisalhamento ou má compactação de determinadas camadas. Por isso, o processo de conservação e manutenção dos pavimentos é de extrema importância. O manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (2006) afirma que a manutenção das rodovias deve acontecer de maneira sistemática e contínua de modo a assegurar aos usuários um tráfego econômico, seguro e confortável, objetivando manter a real função do pavimento como um todo.

O intemperismo é um dos fatores que influenciam negativamente na conservação dos pavimentos porque seus efeitos propiciam a deterioração do revestimento e até mesmo das camadas inferiores, o que prejudica o sistema de funcionamento da estrutura como um todo. A água, por exemplo, é considerada uma vilã quando a questão é pavimentação, pois ela é considerada como solvente universal, podendo penetrar na estrutura seja por fissuras ou por capilaridade e causar danos as camadas subjacentes, provocando a diminuição da sua resistência as cargas recebidas, além de lixiviar e transportar as partículas dos materiais componentes da base e da sub-base.

O Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) cataloga algumas manifestações patológicas para determinar o índice de qualidade da superfície do pavimento, com isso, as principais patologias apresentadas são: fendas, exsudação, desgaste ou desagregação, escorregamento, subida de finos, rodeiras, panelas ou buracos, entre outras, representadas na tabela 1.

Tabela 01 – Patologias no pavimento flexível

Defeito		Descrição	Prováveis causas
Trincas isoladas	Longitudinais	Apresenta direção predominante paralela ao eixo da via.	Junta de construção mal executada. Contração / dilatação do revestimento. Propagação de trincas de camadas subjacentes.
	Transversais	Apresenta direção predominante ortogonal ao eixo da via.	Contração / dilatação do revestimento. Propagação de trincas de camadas subjacentes.
Trincas interligadas	Jacaré / crocodilo	Assemelhando-se ao couro de jacaré ou crocodilo.	Ação repetida das cargas de tráfego.
	Bloco	Configuração próxima a um retângulo, podendo os blocos apresentar vários tamanhos.	Variações térmicas. União de trincas transversais e longitudinais.
Afundamento	Plástico	Apresenta além da depressão na região das trilhas de rodas um sollevamento lateral.	Ruptura das camadas do pavimento pela ação do tráfego.
	Consolidação	Caracteriza-se por uma depressão do revestimento na região das trilhas de roda.	Compactação insuficiente das camadas. Mistura asfáltica com baixa estabilidade. Infiltração de água nas camadas.
Ondulação/ corrugação		Caracteriza-se por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento de caráter plástico e permanente	Instabilidade da mistura betuminosa ou base. Excesso de umidade das camadas. Materiais estranhos na mistura. Retenção da água na mistura.
Deterioração de remendos		Região do pavimento onde ocorreu substituição do material original.	Tráfego intenso. Uso de materiais de má qualidade. Condições ambientais agressivas. Problemas construtivos.
Painéis		Cavidade que se forma num primeiro estágio no revestimento apresentando dimensões variadas.	Trinca por fadiga. Desgaste de alta severidade.

Fonte: Adaptada por Rocha, 2009.

Os defeitos no pavimento flexível podem estar designados como classe estrutural ou como classe funcional, onde a primeira está relacionada à capacidade do pavimento de suportar os esforços e a segunda está ligada aos termos de segurança e trafegabilidade em relação às condições de rolamento (DNIT, 2006). Além disso, o Conselho Nacional de Pesquisas, no que converge o Programa Estratégico de Pesquisas Rodoviárias, afirma que cada defeito

retrata um tipo de grau de severidade classificados conforme sua dimensão e a maneira que afeta as condições de rolamento, dividindo-se em baixo, médio e alto grau de severidade. A patologia é considerada de baixo grau quando ocasiona apenas um pequeno desconforto no rolamento, grau médio quando causa desconforto mediano, sem implicar prejuízo ao tráfego e alto grau de severidade quando põe em dúvida a segurança do rolamento chegando até mesmo a interromper a tráfego.

3.3.1 Determinação da gravidade das patologias

De acordo com a norma 006/2003 do DNIT, deve ser calculado o Índice de Gravidade Individual (IGI) para cada patologia encontrada, como forma de classificá-las segundo o seu grau de severidade. O cálculo do IGI deve ser feito através da multiplicação entre a frequência relativa da patologia e o fator de ponderação obtido.

Sendo assim:

$$1. \quad IGI = Fr \times Fp$$

De modo que quando a média aritmética entre as médias das flechas for menor ou igual a 30, o fator de ponderação é igual a 4/3; quando maior que 30 o IGI é igual a 40. Além disso, quando a média das variâncias das flechas for menor ou igual a 50, o Fp é igual a 1; quando maior que 50, o IGI é igual a 50.

A partir do somatório dos Índices de Gravidade Individuais, encontra-se o valor do Índice de Gravidade Global (IGG) que permite categorizar o pavimento quanto ao grau de degradação atingido, especificando-os entres os conceitos de péssimo, ruim, regular, bom e ótimo.

Logo:

$$2. \quad IGG = \sum IGI$$

A tabela a seguir apresenta a classificação dos pavimentos em função do índice de Gravidade Global:

Tabela 02– Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

Conceitos	Limites
Ótimo	$0 < \text{IGG} \leq 20$
Bom	$20 < \text{IGG} \leq 40$
Regular	$40 < \text{IGG} \leq 80$
Ruim	$80 < \text{IGG} \leq 160$
Péssimo	$\text{IGG} > 160$

Fonte: DNIT, norma 006/2003.

3.3.2 Principais patologias em pavimentos flexíveis

3.3.2.1 Fendas

As fendas são deformações que aparecem na superfície do pavimento tornando-o propício para o desenvolvimento de fissuras de pequeno e até mesmo grande porte, denominadas trincas. As fissuras são pequenas fendas encontrada no revestimento do pavimento, porém não são prejudiciais e não ocasionam problemas estruturais e funcionais ao longo da área de tráfego, por outro lado, quando o grau de severidade dessas deformações é aumentado, ou seja, quando sua espessura aumenta, elas começam a trazer problemas para a via e passam a ser chamadas de trincas, como já mencionado.

De acordo com Beskou et al. (2016), o fendilhamento é uma das formas de degradação que ocorre com mais frequência nos pavimentos flexíveis, originada por conta da tração por flexão sofrida por essas camadas repetidamente devido a passagem de carga proveniente dos automóveis que circulam sobre elas. Os outros fatores que contribuem para o aparecimento de fendas são camadas granulares com incapacidade de suporte de cargas, uso de materiais de qualidade duvidosa e elevada rigidez da camada superficial em comparação com as demais. Uma das principais formas de recuperação das fendas é aplicação de selatrinca e a recomposição da camada de rolamento.

É possível perceber, na figura abaixo, o aparecimento de algumas fissuras no pavimento flexível:

Figura 04 – Fissuras no pavimento asfáltico



Fonte: CNT, 2018.

Existem vários tipos de fendas ou fissuras encontradas ao longo dos pavimentos, algumas delas são mais comuns e ocorrem com mais frequência como por exemplo as trincas longitudinais, trincas transversais, trincas em bloco, trincas tipo couro de jacaré ou pele de crocodilo e as trincas de bordo. Estes tipos de trincas estão listados e exemplificados a seguir.

3.3.2.1.2 Trincas longitudinais

Este tipo de patologia pode ser considerado como um defeito funcional do pavimento porque causa irregularidade na via, porém, a partir do momento que começa a enfraquecer o revestimento ele passa a ser considerado um defeito estrutural. As deformações estão dispostas paralelamente ao eixo da via, podendo ser classificadas em trincas longitudinais curtas (quando possuem até 1 metro de extensão) e trincas longitudinais longas (quando possuem extensão superior a 1 metro).

Segundo Silva (2008), este tipo de patologia do pavimento (apresentado na figura 5) ocorre de maneira isolada e são originadas em função de um mau assentamento da fundação, retração do revestimento asfáltico, má execução das juntas de construção ou reflexão das trincas.

Figura 05 – Trinca longitudinal



Fonte: PUC, Rio de Janeiro.

3.3.2.1.3 *Trincas transversais*

Esta deformação é iniciada a partir da desagregação dos bordos juntamente com a infiltração de água e enfraquecimento das camadas subjacentes, além da contração do revestimento de asfalto causada por baixas temperaturas ou endurecimento do mesmo. Podendo ser consideradas também como defeitos funcionais ou estruturais, dependendo do seu modo de atuação. Além disso, Silva (2008) afirma que a reflexão das trincas ou juntas subjacentes ou retração da capa asfáltica, também são fatores que contribuem para a formação das trincas transversais, que ocorrem de maneira ortogonal ao eixo do pavimento, como na figura 6.

Figura 06 – Trinca transversal

Fonte: Universidade Federal do Piauí – UFPI, 2013.

O trabalho de manutenção e recuperação desses dois tipos de patologia é bastante semelhante e deve ser realizado através da aplicação de selante para inviabilizar a penetração de água no pavimento flexível, que por consequência tem efeito positivo na diminuição do enfraquecimento estrutural daquele determinado ponto da rodovia, conforme o Departamento de Estradas e Rodagem (DER).

3.3.2.1.4 Trincas em bloco

As trincas do tipo bloco podem indicar que o revestimento de asfalto atingiu um alto nível de endurecimento gerado por conta da oxidação dos maltenos, deixando-o menos flexível como diz Ribeiro (2017). Esta patologia não está ligada ao tráfego de veículos sobre a via, tendo mudança diária de temperatura como o seu principal fator gerador, porém o tráfego pode aumentar o grau de severidade das fissuras. O DER afirma que um recapeamento do pavimento ou a aplicação de uma capa selante devem ser realizados como sua atividade de manutenção. Este tipo de patologia pode ser facilmente identificado de maneira visual, como na figura seguinte.

Figura 07 – Trincas do tipo bloco

Fonte: Portal Inova Civil, 2019.

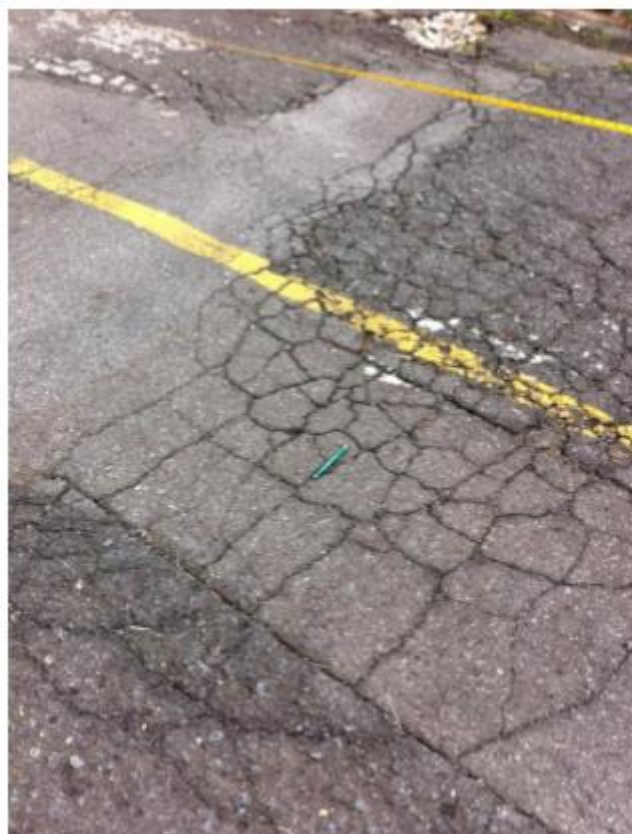
3.3.2.1.5 *Trincas tipo couro de jacaré*

Também chamadas de trincas do tipo pele de crocodilo, essas deformações caracterizam um avançado estado de fadiga da capa asfáltica como traz Silva (2008). A princípio elas se dispõem de maneira isolada, mas evoluem com o passar do tempo e começam a se interligar como uma sequência de fissuras longitudinais sem direção ou formas claramente definidas, tomando um aspecto visual parecido com a pele de um jacaré.

O Departamento de Estradas e Rodagem define as áreas submetidas a atuação de cargas repetitivas de tráfego como sendo os principais pontos de ocorrência dessa manifestação patológica, bem como áreas as quais há um enfraquecimento estrutural do pavimento em períodos chuvosos. De acordo com pesquisa feita pela CNT em 2018, essas deformações podem ocorrer quando o pavimento flexível está próximo do final da sua vida útil.

A figura 8 apresenta um pavimento asfáltico bastante desgastado, sob influência do tipo de patologia em questão:

Figura 08 – Trincas do tipo couro de jacaré



Fonte: E-book Novo Asfalto, Santa Catarina-SC.

A manutenção desse tipo de defeito exige um maior cuidado e uma maior mão-de-obra, bem como um maior tempo de execução, pois ela consiste na realização da substituição da base, da sub-base e do revestimento do pavimento, melhoramento da estrutura de drenagem, recapeamento ou até mesmo reconstrução da via. Estas são as recomendações feitas pelo DER para preservação de determinada rodovia submetida a ação de tais fatores.

3.3.2.1.6 Trincas de bordo

As trincas de bordo (figura 9) encontram-se geralmente a no máximo 60 cm das bordas da via, ocorrem quando não há pavimentação dos acostamentos dos acostamentos próximos a ela, havendo um elevado índice de humidade das camadas ou espessura da camada de revestimento e base inferior ao ideal (SILVA, 2008).

Figura 09 – Trinca de bordo

Fonte: Blog Além da Inércia, 2018.

3.3.2.2 Exsudação

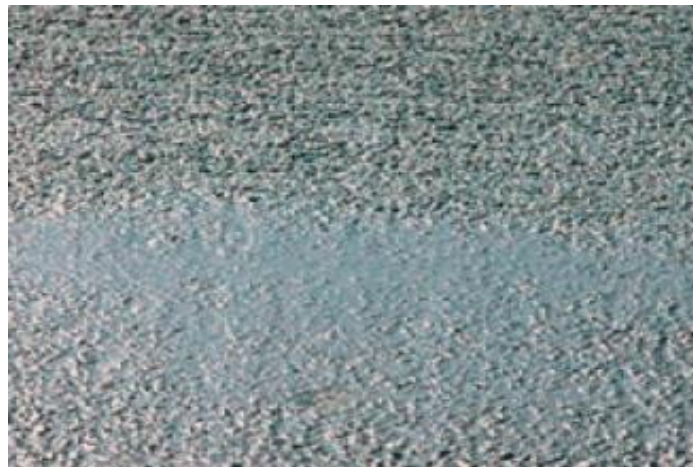
A exsudação do asfalto acontece ao longo de sua superfície devido a dilatação desse material, que ocorre em função do calor recebido pelo pavimento. Por possuir um baixo índice de vazios, há uma dificuldade do material betuminoso em encontrar o espaço necessário para a sua dilatação, implicando no envolvimento de agregados mais espessos o que proporciona uma redução na macroestrutura de maneira geral (BERNUCCI et al., 2006). Visualmente, essa patologia se apresenta com um certo brilho superficial, como mostram as figuras 10 e 11, que se dá por conta do excesso de ligante presente em sua composição, sua solução mais usual é a análise do teor de Cimento Asfáltico de Petróleo e a recomposição do material betuminoso.

Figura 10 – Exsudação de asfalto



Fonte: Portal Inova Civil, 2019.

Figura 11 – Detalhamento de exsudação



Fonte: Portal Inova Civil, 2019.

3.3.2.3 *Desgaste ou desagregação*

Este tipo de manifestação patológica está diretamente relacionado ao tráfego de veículos e ao intemperismo incidente sobre a via, além da ocorrência de falhas na execução ou utilização de materiais inadequados ou de má qualidade (RIBEIRO 2017). A ação abrasiva do tráfego ocasiona uma aspereza na superfície do asfalto resultante da extração de agregados quando submetida a um estágio avançado de desgaste conforme Bernucci *et al.*; (2006).

O grau de severidade do desgaste é considerado baixo quando o mesmo apresenta perdas apenas de agregados miúdos, quando apresenta aspereza na superfície e perdas de alguns agregados graúdos é considerado médio, por fim, textura de superfície muito áspera e um maior índice de perda de agregados graúdos definem um alto grau de severidade da patologia. A aplicação de uma fina camada de recapeamento renova as características do pavimento e aumenta sua vida útil, fazendo com que essa medida seja adequada e se enquadre como uma eficiente solução para este tipo de patologia apresentado na figura 12.

Figura 12 – Desgaste do asfalto



Fonte: Conexão Tocantins, 2019.

3.3.2.4 *Escorregamento*

O escorregamento do material betuminoso (figura 13) ocorre como produto da deficiência na aderência existente entre o revestimento e a camada inferior a ele ou da baixa resistência da massa asfáltica. Segundo Silva (2008), a principal causa desse tipo de deformação do pavimento frenagem dos veículos

que circulam sobre a via, causando lesões no asfalto que possuem um formato semelhante a uma meia-lua. Quando as cargas provenientes das frenagens atingem a camada de base do trecho é necessário refazer esta camada seguida da recomposição da camada de rolamento, por outro lado, quando a frenagem possui um efeito menos acentuado basta fresar o local e recompor o revestimento.

Figura 13 – Escorregamento do asfalto



Fonte: SindEtrans, 2018.

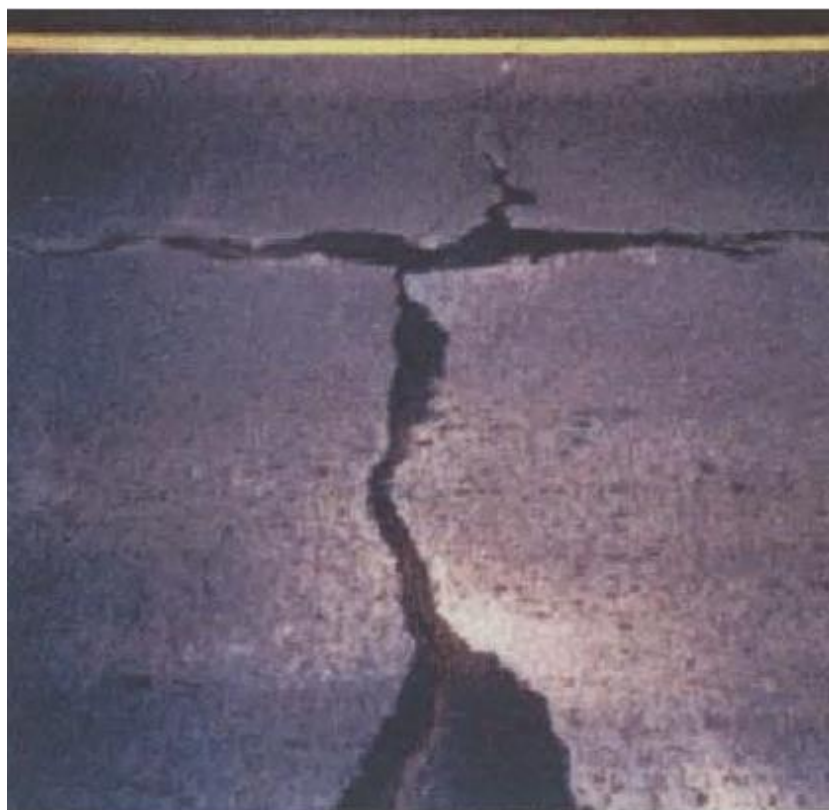
3.3.2.5 Subida de finos

Conforme Pinto (2003), problemas de drenagem do pavimento tem relação direta com esse tipo de deformação, pois a presença da água proporciona a movimentação dos materiais que compõem as camadas, havendo a abertura de fendas que propiciam a expulsão dos finos do interior da estrutura

de pavimentação. A solução mais usual para esse problema é o depósito de pó de pedra sobre as fissuras encontradas após a aplicação da selatrinca.

A figura a seguir caracteriza o processo de subida de finos no pavimento flexível:

Figura 14 – Subida de finos



Fonte: Pinto, 2003.

3.3.2.6 Rodeiras

Também conhecidas como trilhas de roda, essas deformações são provocadas também em função dos esforços transmitidos pelo tráfego, que promove a movimentação lateral ou consolidação dos materiais componentes das camadas do pavimento. Quando a mistura betuminosa possui baixa resistência às deformações plásticas, são formadas rodeiras (figura 15) com raio pequeno, por outro lado, as trilhas de roda de grande raio são originadas quando as fundações do pavimento não possuem capacidade de suporte suficiente para as cargas por ele recebidas.

Os pavimentos de rolagem não possuem a capacidade de carga adequada em função do tempo de aplicação dessas cargas, das elevadas temperaturas e das falhas na execução do pavimento flexível (PINTO, 2003). A exemplo do escorregamento do material betuminoso, esta patologia tem como solução a fresagem da área juntamente com a recomposição da camada de rolamento.

Figura 15 - Rodeiras



Fonte: Maia, 2012.

3.3.2.7 Painelas ou Buracos

São cavidades presentes na via formadas inicialmente apenas no pavimento, também chamadas de covas essas deformações não possuem tamanho definido e estão suscetíveis a atingir as camadas subjacentes quando agravadas pela presença de água, podendo afetar estruturalmente a via e pôr a segurança dos usuários em risco.

As recuperações das painelas (figura 16) podem ser realizadas por meio de remendos executados de maneira adequada, quando o problema ocorrer apenas superficialmente, se a cova possuir uma maior profundidade é necessária a realização de um corte no revestimento seguido da imprimação

para que haja o selamento das trincas, posteriormente é feita aplicação de uma nova pavimentação asfáltica.

Figura 16 - Painelas



Fonte: Patologia nos pavimentos, IFAP, 2014.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por conseguinte, o estudo apresentado torna possível perceber a existência de um grande número de patologias que podem ocorrer nas estradas e rodovias construídas com pavimento flexível, sendo elas dos mais variados tipos e tamanhos. Essas deformações são causadas principalmente pela falta de conservação e manutenção deste tipo de pavimento, que devem ser constantes para que a estrutura consiga atingir o seu tempo de vida útil determinado em projeto, além de garantir as boas condições de tráfego e a segurança dos usuários.

Vários países pelo mundo utilizam a malha rodoviária como principal modal econômico, fazendo com que a preocupação com as estradas seja colocada evidência, visto que ainda existem vários outros fatores causadores das manifestações patológicas como intemperismo, drenagem inadequada,

problemas de execução, uso de materiais de má qualidade, excesso de carga e até mesmo o próprio tráfego de veículos.

A tabela 3 apresenta algumas das principais patologias encontradas nos pavimentos flexíveis, bem como seus fatores de causa e seus métodos de recuperação mais utilizados.

Tabela 03 – Fator de causa/recuperação das patologias

Patologia	Fator de causa	Recuperação
Fenda	Fadiga da camada betuminosa	- Aplicação de selatrinca; - Recomposição da camada de rolamento.
Trincas longitudinais	Mal assentamento da fundação, retração do revestimento ou má execução das juntas	- Aplicação de selante..
Trincas transversais	Desagregação dos bordos, infiltração de água ou retração do revestimento	- Aplicação de selante
Trincas em bloco	Mudança diária de temperatura	- Aplicação de selante; - Recapeamento do pavimento.
Trincas tipo couro de jacaré	Cargas repetitivas de tráfego	- Substituição das camadas do pavimento; - Melhoramento da drenagem; - Recapeamento/reconstrução da via.
Trincas de bordo	Humidade das camadas devido à falta de pavimentação do acostamento	- Aplicação de selatrinca; - Recomposição da camada de rolamento; - Pavimentação do acostamento.
Exsudação	Dilatação do material betuminoso em função do calor	- Análise do teor de cimento; - Recomposição do material betuminoso.
Desgaste ou desagregação	Tráfego/Intemperismo	- Recapeamento do pavimento.
Escorregamento	Frenagem	- Fresagem; - Recomposição da camada de revestimento.
Subida de finos	Drenagem ineficiente	- Aplicação de selatrinca; - Depósito de pó de pedra.

Rodeiras	Esforços transmitidos pelo tráfego	- Fresagem; - Recomposição da camada de rolamento.
Panelas	Evolução de outras patologias em função do acúmulo ou infiltração de água e desgaste elevado	- Remendos; - Imprimação; - Aplicação de nova camada de pavimentação asfáltica.

Fonte: Autor, 2020.

Por fim, conclui-se que o empenho na manutenção dos pavimentos flexíveis é o melhor caminho a ser seguido para prevenir o aparecimento de problemas como os apresentados neste estudo e que com o investimento necessário, com o reconhecimento das patologias e com o conhecimento técnico adequado é possível reduzir os danos de modo a otimizar o processo e atender as necessidades econômicas e sociais dos países em geral com maior qualidade e satisfação.

REFERÊNCIAS

BERNUCCI, Liedi Bariani *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2006.

BESKOU, N. D.; TSINOPOULOS, S. V.; HATZIGEORGIU, G. D. **Fatigue cracking failure criterion for flexible pavements under moving vehicles.** Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2016.

BLOG ALÉM DA INÉRCIA. **Os 15 defeitos em pavimentos flexíveis.** Maio de 2018.

CASTRO. **Defeito dos pavimentos asfálticos e suas causas.** Rio Grande do Sul, 2009.

CONEXÃO TOCANTINS. **Matéria:** Rodovia recuperada recentemente apresenta trechos de asfalto velho e com sinais de desgaste. Editoria Estado, Julho de 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. CNT– **Pesquisa CNT de rodovias: principais dados.** 20ed. CNT, SEST, SENAT. Brasília, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. CNT: **Transporte rodoviário - desempenho do setor, infraestrutura e investimentos.** Brasília, 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. DER: **Diretrizes e procedimentos para serviços de conservação especial incluindo a identificação de defeitos e definições de soluções para restauração de pavimentos rodoviários e da sinalização horizontal.** São Paulo, 2013.

DNIT. **Manual de restauração de pavimentação.** Rio de Janeiro, 2006.

DNIT. **Norma 006: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003.

E-BOOK. **Patologias em pavimento asfáltico: defeitos em pavimento asfáltico sobre redes de água e esgoto.** Novo Asfalto, Santa Catarina, SC.

GUIA DA ENGENHARIA. **Matéria:** Entenda o que é um pavimento asfáltico. Fevereiro de 2019.

INSTITUTO FEDERAL DO AMAPÁ – IFAP. **Patologia nos pavimentos.** Maio de 2014.

MAIA. **Caracterização de patologias em pavimentos rodoviários.** Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil — Especialização em vias de comunicação. Porto, 2012.

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

PORTAL INOVA CIVIL: **As patologias mais comuns nas estradas.** Setembro de 2019.

RIBEIRO, Thiago Pinheiro. **Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 04. Ano 02, Vol. 01. pg 733-754, julho de 2017.

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

RUIZ, J. A. **Metodologia científica:** guia para eficiência dos estudos. 3ed. São Paulo: Atlas, 1991.

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

SILVA, E.P., **Análise de patologias e técnicas de manutenção de pavimentos flexíveis.** Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Piauí. Teresina –PI, 2013.

SINDICATO DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES DE CARGAS - SINDETRANS. **Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias.** Ribeirão Preto, 2018.

