

# PRINCIPAIS PATOLOGIAS NA PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA: IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS E REPAROS

Yan Carlos de Souza Santos Balduino<sup>1</sup>,  
Rafael de Paula Cosmo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Multivix Vitória

<sup>2</sup> Mestre em Energia, Docente do Centro Universitário Multivix Vitória

## RESUMO

O Brasil possui como principal modal de transporte o sistema rodoviário, responsável pelo movimento de 65% das mercadorias e 95% dos passageiros. Neste cenário, é necessária correta execução e conservação do pavimento rodoviário, de modo a atender de forma eficiente a demanda de transporte e garantir conforto aos seus usuários. A manutenção ineficiente e erros de projeto e execução das rodovias, somadas às solicitações atuantes no pavimento provocam o surgimento de manifestações patológicas na pista. Este estudo teve por objetivo identificar as principais patologias existentes nos pavimentos rodoviários, descrevendo suas causas e indicando seus reparos. A pesquisa foi realizada através de uma revisão bibliográfica sobre os tipos de pavimentos empregados nas rodovias, suas características, principais patologias encontradas e principais formas de reparo. As patologias mais recorrentes em ambos os pavimentos flexíveis e rígidos foram as fendas e os buracos, tornando-se assim mais corriqueiras as ações corretivas para estas manifestações patológicas.

## PALAVRAS-CHAVE

Pavimentação rodoviária; Patologias em Pavimento Flexível; Patologias em Pavimento Rígido; Reparos em Pavimentação.

## ABSTRACT

Brazil's primary mode of transportation is the road system, responsible for the movement of 65% of goods and 95% of passengers. In this context, the proper execution and maintenance of road pavement are essential to efficiently meet transportation demands and ensure user comfort. Inefficient maintenance, along with design and construction errors, combined with the stresses acting on the pavement, lead to the appearance of pathological manifestations on the road surface. This study aimed to identify the main pathologies found in road pavements, describing their causes and suggesting repairs. The research was conducted through a literature review on the types of pavements used in highways, their characteristics, the main pathologies encountered, and the primary repair methods. The most recurring pathologies in both flexible and rigid pavements were cracks and potholes, making corrective actions for these issues more common.

## KEYWORDS

Road pavement; Pathologies in Flexible Pavement; Pathologies in Rigid Pavement; Pavement repairs.

## INTRODUÇÃO

O sistema de transportes brasileiro possui a sua malha rodoviária como principal modal de transporte utilizado, apesar de seu grande potencial da rede aquaviária. Atualmente o modal ferroviário é responsável por cerca de 65% da movimentação de mercadorias e 95% da de passageiros, além de interligar os demais modais (CNT, 2021a). Tal fato tem contribuído para que o sistema tenha evoluído para ampliar a mobilidade e atender aos seus usuários com maior logística, eficiência e qualidade, garantindo-lhes conforto e segurança.

Nesse contexto, a condição de operacionalidade da infraestrutura viária é o fator que indica o desempenho e eficiência do transporte rodoviário, necessitando de boa conservação do pavimento e um projeto viário bem planejado, desenvolvido e executado de forma adequada, para se obter maior vida útil do corpo estradal e boa capacidade drenante da via. Entretanto, é comum o surgimento de deformações e degradações no pavimento devido ao desgaste, que podem ser agravados por erros de projeto de terraplenagem ou pavimentação, do uso inadequado de materiais nas rodovias, de um falho sistema de drenagem que não consegue conter os efeitos causados pelas chuvas e a falta ou ineficácia de manutenção nas estradas (ALVES; FERNANDES; BERTEQUINI, 2018).

Segundo dados da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2021b), 61,9% das rodovias analisadas do Brasil apresentavam algum tipo de problema em seu estado geral, sendo 52,2% dos trechos com problemas no pavimento. Os dados apontam uma estatística preocupante em relação às deficiências na manutenção das rodovias brasileiras, contribuindo para o aumento da necessidade de projetos de identificação, manutenção e correção das patologias encontradas nas vias.

Em se tratando do Espírito Santo, os números apresentam-se muito semelhantes em relação ao cenário do País. De acordo com o Departamento de Edificações e Rodovias do Estado do Espírito Santo (DER-ES, 2021), o estado possui cerca de 6,5 mil km de extensão de rodovias estaduais, sendo 3,9 mil km pavimentadas, e 1,7 mil km de rodovias federais. Em 2021, foi realizada a pesquisa CNT de Rodovias, que avalia toda a malha rodoviária pavimentada e alguns dos principais trechos estaduais de cada unidade federativa, constituindo-se 1726 km para o estado do Espírito Santo. Os dados mostraram que 47,4% da malha rodoviária analisada apresentava problemas no pavimento, sendo necessários cerca de R\$ 901,2 milhões de gastos na manutenção e reconstrução dessas rodovias (CNT, 2021a).

O presente trabalho busca analisar as principais patologias presentes na pavimentação rodoviária do Brasil, estudando as suas causas e formas de reparo, como forma de melhorar o tráfego rodoviário. O estudo apresenta os elementos da pavimentação rodoviária, os tipos de pavimentação existentes e suas respectivas patologias principais, analisando-se suas causas e indicando as técnicas mais utilizadas para correção de cada uma delas. O estudo foi realizado através de revisão da literatura de caráter qualitativo, caracterizando-se de forma inicial pela coleta dos referenciais teóricos, análise e síntese dos dados obtidos acerca da temática

apresentada. Foram utilizados artigos científicos, pesquisas anuais, normas e manuais de execução para sustentar os dados apresentados. Foi realizada, portanto, uma pesquisa bibliográfica, de natureza básica, objetivo descritivo e abordagem qualitativa.

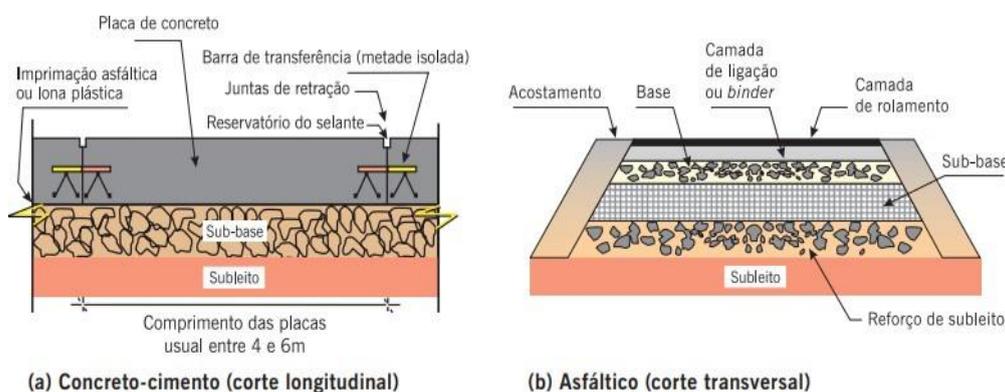
## 1. DESENVOLVIMENTO

O pavimento, de acordo com Faleiros (2005) e Bernucci et al. (2008), define-se como uma estrutura de diversas camadas finitas, executada após a terraplenagem e que possui a finalidade de resistir aos esforços provenientes do tráfego e do clima, aperfeiçoar as condições de rolamento da pista, garantindo-se conforto e segurança aos usuários, e resistir aos esforços horizontais de degradação, transformando a superfície de rolamento mais duradoura.

As camadas que compõem o pavimento variam de acordo com o tipo de pavimento empregado, podendo ser de dois tipos: flexível ou rígido. Segundo Yoder e Witczak (1991), o pavimento flexível, também conhecido como pavimento asfáltico, constitui-se de uma superfície de revestimento relativamente fina, de material betuminoso, construída sobre uma camada de base e outra de sub-base, sendo as últimas aplicadas sobre o subleito compactado. O principal tipo de pavimento flexível utilizado no Brasil é o concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ).

Por outro lado, os pavimentos rígidos ou pavimentos de concreto- cimento são constituídos de concreto em cimento Portland, aplicados sobre uma camada complementar de sub-base acima do subleito, sem a necessidade da base. A **Figura 1** a seguir mostra o esquema da estrutura geral dos pavimentos flexíveis e rígidos.

**Figura 1 – Estrutura geral dos pavimentos**



Fonte: Bernucci et al. (2008, p.10)

A primeira camada inferior do pavimento é o subleito, constituído pela composição do próprio terreno natural e devidamente compactado e regularizado na terraplenagem. Nos pavimentos flexíveis são aplicadas sobre eles um reforço do subleito, que consiste numa camada de área constante, estabilizada granulometricamente, que objetiva reduzir as espessuras elevadas da camada de sub-base, decorrentes da baixa capacidade resistiva do subleito (DNIT, 2010a).

A sub-base é a camada intermediária entre o subleito ou reforço, e a base, e deve ser aplicada sob a inviabilidade de executar a base de forma direta sobre o leito regularizado ou reforço (MARQUES, 2006). A base é a camada que possui a finalidade de absorver e distribuir os esforços advindos do tráfego. Por fim, o revestimento é a camada aplicada sobre a base e é responsável pelo contato direto com os pneus, proporcionando maior conforto ao rolamento dos veículos, resistência aos atritos e maior durabilidade do pavimento (RIBEIRO, 2017).

Em contrapartida, no que se refere aos pavimentos rígidos, são necessárias menos camadas inferiores ao revestimento. Isso se deve à sua baixa deformabilidade e alta resistência à flexão, dissipando mais rapidamente a tensão absorvida pela superfície de rolamento às camadas inferiores de forma distribuída. Tal propriedade distingue-se do pavimento flexível onde as tensões são dissipadas na região próxima aos pneus (**Figura 2**). O pavimento rígido geralmente é aplicado sobre uma camada de sub-base, que se firma diretamente sobre o subleito.



Fonte: Maia (2012)

Os pavimentos flexíveis possuem maior deformabilidade elástica, devido à degradação das tensões ao longo de suas camadas verticalmente abaixo da região de aplicação dos esforços. Porém, a composição de sua estrutura lhes confere menor resistência quando comparados aos pavimentos rígidos e conseqüentemente, menor vida útil, necessitando de maior manutenção (SILVA; OLIVEIRA, 2021).

### **1.1 Caracterização das Patologias dos Pavimentos**

Os pavimentos rodoviários são construídos para resistirem aos esforços solicitados ao longo de sua vida útil. Entretanto, durante esse processo, são necessários procedimentos contínuos de manutenção e conservação das rodovias, para que estas sejam conservadas e apresentem condições mínimas de segurança e conforto para seus usuários. A ausência ou ineficácia da manutenção de rodovias pode acarretar em manifestações patológicas, encurtando assim a vida útil prevista para a pavimentação do local.

As patologias existentes no pavimento rodoviário dependem de uma série de fatores, tais como o tipo de pavimentação empregada, da qualidade dos materiais de sua composição, do seu modo de execução, das manutenções realizadas, da demanda do tráfego, dos agentes deformadores etc.

### **1.2 Patologias em Pavimento Flexível**

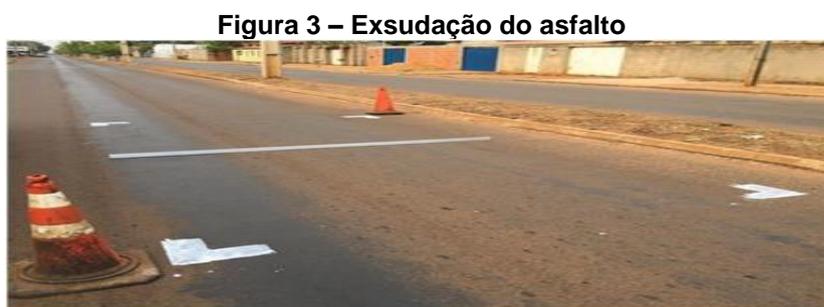
De acordo com Alves, Fernandes e Bertequini (2018), as patologias do pavimento flexível podem ser de origem funcional ou estrutural. As patologias funcionais afetam o estado de serviço dos pavimentos, contribuindo para o desempenho insatisfatório de sua função, ou seja, dificulta as condições de rolamento e conforto aos seus usuários. Quanto às patologias estruturais, causam deslocamentos verticais na superfície quando aplicadas a um tipo de carregamento. Entre as principais patologias funcionais presentes nos pavimentos flexíveis se destacam a exsudação de asfalto, subida de finos, escorregamento do revestimento asfáltico, surgimento de fendas, desgaste, panela ou buraco e remendo. Em relação às patologias estruturais, as mais comuns são os afundamentos e corrugações ou ondulações.

#### **1.2.1 Exsudação**

Tal patologia ocorre devido à passagem de ligante betuminoso em excesso para a camada de desgaste do pavimento, através do revestimento asfáltico. Além da

aplicação excessiva de betume, a ocorrência dessa patologia pode ser explicada pela deficiência da mistura de materiais da composição betuminosa ou ainda pelo baixo volume de vazios quando há dilatação no calor, causando deslocamento do ligante betuminoso para a superfície.

A exsudação se manifesta como surgimento de uma película, que se aparenta como várias manchas de dimensões variadas (**Figura 3**) e podem comprometer a aderência entre o revestimento asfáltico e os pneus, causando acidentes graves (PINHEIRO; SILVA; SALOMÃO, 2021).



Fonte: Pinheiro, Silva e Salomão (2021).

### 1.2.2 Subida de finos

O problema funcional da subida de finos consiste na movimentação de materiais granulométricos presentes nas camadas que compõem o pavimento, que na presença de água no interior do solo são expulsos através de fendas até a superfície do revestimento (**Figura 4**). Esse processo ocorre devido a problemas de drenagem e infiltração (Pinto, 2003).



Fonte: Pinto (2003).

### 1.2.3 Escorregamento do revestimento asfáltico

O deslocamento do revestimento em relação a camada inferior ao pavimento é conhecido como escorregamento, surgindo fendas em forma de meia-lua, conforme demonstrado na **Figura 5** (DNIT, 2003). Pode ocorrer nos pavimentos rígidos ou flexíveis, devido a falhas na execução do pavimento, principalmente no processo de compactação. São mais comuns nas áreas de frenagem, aceleração ou inclinações (DNIT, 2006).

Figura 5 – Escorregamento na estrada



Fonte: Feroldi (2018)

### 1.2.4 Fendas

A formação de fendas é o tipo de patologia mais recorrente nos pavimentos flexíveis. Este fenômeno ocorre em função do desgaste e esgotamento dos materiais presentes nas camadas de betume, devido às trações por flexão causadas pela contínua passagem de carga dos veículos sobre o pavimento (SILVA; OLIVEIRA, 2021).

O DNIT (2003, p. 2) define fenda como “qualquer descontinuidade na superfície do pavimento que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas”. As aberturas de menor porte são consideradas fissuras, que são perceptíveis a olho nu somente a uma distância menor que 1,50 m (**Figura 6**). Este tipo de fenda não causa problemas funcionais ou estruturais ao pavimento flexível, porém podem evoluir para fendas mais graves.

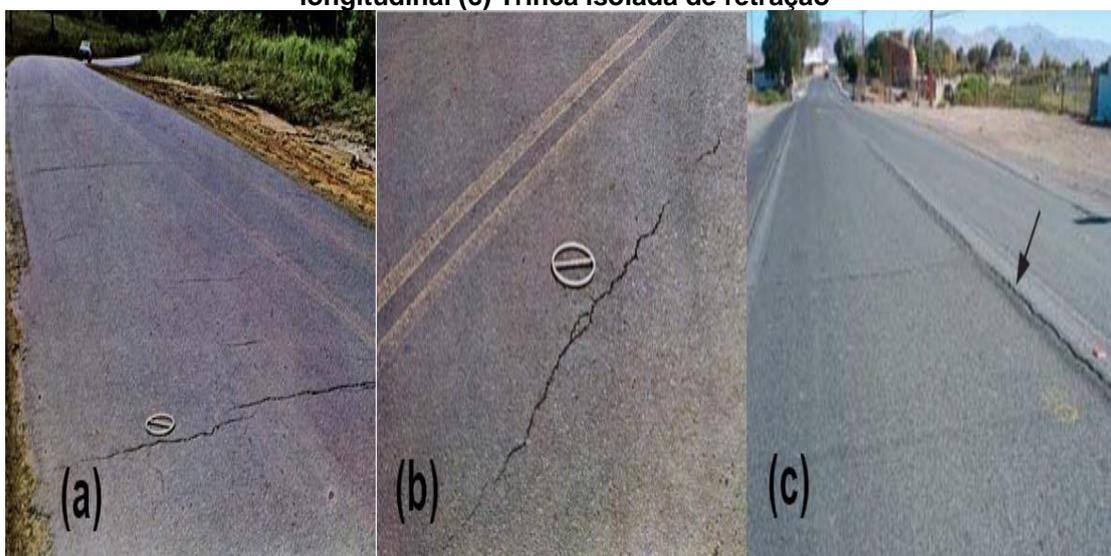
Figura 6 – Fissuras no pavimento



Fonte: CNT (2017)

As trincas constituem-se como fendas de maior espessura que as fissuras e são facilmente visíveis, podendo ser do tipo isolada ou interligada. As trincas isoladas podem ser transversais, quando se manifestam em direção ortogonal ao eixo da rodovia; longitudinais, quando a direção das fendas é paralela ao eixo da rodovia; ou de retração, quando são ocasionadas pela retração térmica dos materiais das camadas inferiores ao revestimento trincado (DNIT, 2003). A **Figura 7** demonstra os tipos de trincas isoladas.

**Figura 7 – Tipos de trincas isoladas: (a) Trinca isolada transversal (b) Trinca isolada longitudinal (c) Trinca isolada de retração**

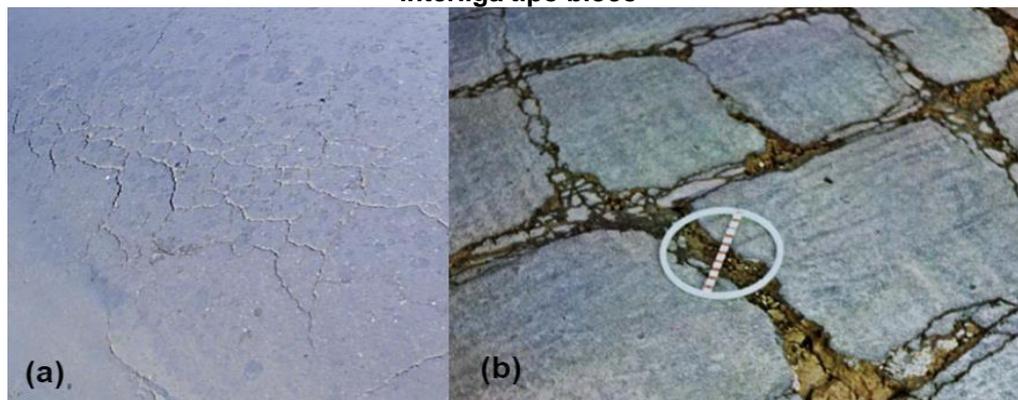


Fonte: DNIT (2003); Bernucci et al (2008)

As trincas interligadas mais comuns são as trincas do tipo couro de jacaré, que se caracterizam como uma série de trincas sem direção ou forma definida, mas com aspecto semelhante ao couro de um jacaré (MELO; CANCIAN, 2018). Esse tipo de patologia representa estado avançado de fadiga, iniciando-se de forma isolada, interligando-se a outras trincas formando o aspecto característico de couro de jacaré.

No caso das trincas interligadas em bloco, são formadas em decorrência da retração do revestimento asfáltico e variações de temperatura ao longo do dia, possuindo forma semelhante a um retângulo. Elas representam um forte endurecimento e conseqüentemente menor flexibilidade do asfalto (RIBEIRO, 2017). A **Figura 8** demonstra os tipos de trincas interligadas.

**Figura 8 – Tipos de trincas interligadas: (a) Trinca interligada tipo couro de jacaré (b) Trinca interliga tipo bloco**



Fonte: Almeida e Pereira (2017); DNIT (2003)

### 1.2.5 Desgaste

O desgaste do revestimento asfáltico acontece devido ao arrancamento acumulado do agregado do pavimento, fazendo com que a superfície do revestimento adquira textura áspera (**Figura 9**) (CNT, 2017).

**Figura 9 – Desgaste na estrada**



Fonte: Feroldi (2018)

### 2.2.6 Painelas ou buraco

As painelas são cavidades no revestimento asfáltico que podem ou não atingir camadas inferiores, conforme visto na **Figura 10**. Suas causas são variadas, sejam pelo agravamento das trincas sob influência de intempéries e do volume do tráfego, por falhas construtivas envolvendo desde a compactação até à aplicação de imprimação, ou falha na aderência entre as camadas, causando o deslocamento delas (Bernucci et al., 2008). Podem também afetar a estrutura do pavimento, permitindo a infiltração de água por suas camadas e comprometendo a funcionalidade da pista de dar segurança aos usuários (MELO; CANCIAN, 2018).

**Figura 10 – Painelas na rodovia**



Fonte: Silva e Oliveira (2021)

### 2.2.7 Remendo

O remendo é uma técnica de conservação do pavimento, que consiste no cobrimento de orifícios ou depressões com massa asfáltica. Entretanto é considerada uma falha pois geralmente possui comprimento longo, causa um desnível notável que provoca na pista e aponta uma área de fragilidade da pista, diminuindo o conforto dos usuários (Bernucci et al., 2008).

A **Figura 11** apresenta superfícies irregulares cobertas por massa asfáltica, caracterizando os remendos.

**Figura 11 – Remendos**



Fonte: Pinheiro, Silva e Salomão (2021)

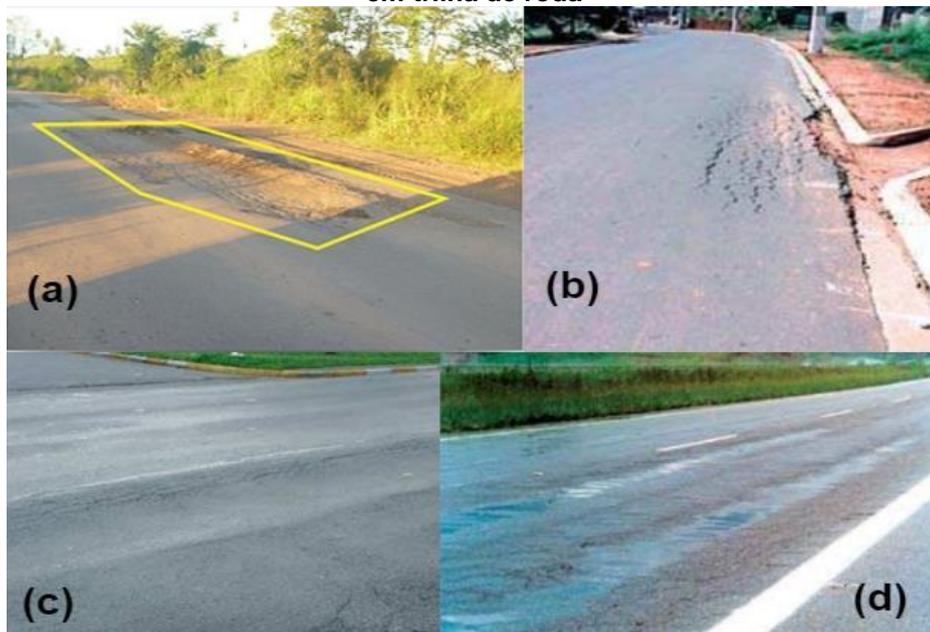
### **2.2.8 Afundamento**

Os afundamentos são patologias estruturais decorrentes de deformações permanentes do revestimento asfáltico ou das camadas inferiores. Se classificam em afundamentos plásticos, causados pela fluência plástica de uma ou mais camadas que compõem o pavimento, acompanhados de levantamento (compensação lateral volumétrica); ou afundamentos de consolidação, causados pela depressão da superfície do pavimento sem o acompanhamento de levantamento.

Ambas as classificações de afundamento podem ser subdivididas em: locais, quando possui extensão de até 6 m, ou de trilha de roda, quando apresentar extensão maior que 6 m e ser localizado ao longo da trilha de roda. No afundamento de consolidação local é comum o surgimento de trincas nas depressões (DNIT, 2003; BERNUCCI et al., 2008).

A **Figura 12** representa ostipos de afundamento no pavimento:

**Figura 12 – Tipos de afundamento: (a) Afundamento plástico local (b) Afundamento plástico nas trilhas de roda (c) Afundamento por consolidação local (d) Afundamento por consolidação em trilha de roda**



Fonte: Bernucci et al. (2008); CNT (2017)

### **2.2.9 Corrugações ou ondulações**

As corrugações e ondulações são deformações que ocorrem transversalmente ao eixo da pista, caracterizadas pelo formato ondular, com depressões intercaladas de elevações no pavimento. Embora possuam características semelhantes, são consequências de fenômenos diferentes. As corrugações são condicionadas pela fluência da massa asfáltica e possui comprimentos de onda menores, na ordem de centímetros, quando comparadas as ondulações. Esta última, por sua vez, é resultado do adensamento diferencial do subleito, provocando comprimentos de onda maiores, na ordem de metros (Bernucci et al., 2008). A **Figura 13** apresenta corrugações e ondulações na pista.

**Figura 13 – (a) Corrugações na via (b) Ondulações severas na pista**



Fonte: Bernucci et al. (2008); Feroldi (2018)

## 2.3 Patologias em Pavimento Rígido

As patologias nos pavimentos de concreto-cimento geralmente ocorrem por degradações da superfície e das camadas de concreto, grandes variações de temperatura ou problemas nas juntas de dilatação. As principais patologias que ocorrem neste tipo de pavimentação podem ser classificadas de acordo com suas origens patológicas: o fendilhamento das lajes, bombeamento de finos, degradações ou defeitos nas juntas de dilatação e degradações ou defeitos na superfície de concreto.

### 2.3.1 Fendilhamento das lajes

Esta patologia ocorre principalmente devido a passagem sucessiva de carga dos veículos pesados, sobretudo nas trilhas de roda, provocando esforços de tração de causam fendas nas lajes de betão (MAIA, 2012).

Além das fissuras longitudinais, transversais e diagonais, as fendas no pavimento rígido podem surgir com variadas formas, como fissuras de canto, placa dividida e fissuras de retração plástica, conforme ilustrado na **Figura 14** (DNIT, 2004). Seus defeitos podem ser causados por problemas de suporte na fundação, erros no dimensionamento ou na execução das placas de concreto, evolução de fissuras menores ou incidência de intempéries sobre o pavimento (NALDI, 2018).

**Figura 14 – (a) Fissuras de canto (b) Placa dividida (c) Fissura de retração plástica**



Fonte: DNIT (2004)

### 2.3.2 Bombeamento de finos

Ocorre de forma semelhante à subida de finos do pavimento flexível, se caracterizando pela evasão de materiais finos plásticos provenientes do solo de fundação do pavimento, através de aberturas como as juntas, bordas das placas de concreto ou trincas existentes (DNIT, 2004). Os finos bombeados também possuem forma de lama fluida e aparência de manchas terrosas (NALDI, 2018).

### 2.3.3 Degradações ou defeitos nas juntas

As juntas de dilatação do pavimento rígido têm a finalidade absorver as fissuras transversais e longitudinais no pavimento, para que estas não afetem a estética, desempenho ou durabilidade do concreto. Entretanto, por se tratarem das regiões mais vulneráveis da placa, são exigidas precauções e precisão minuciosos em seu projeto e execução para seu correto funcionamento (RODRIGUES, 2009).

Desse modo, a transferência desigual de cargas entre as placas, a má execução do projeto ou instalação nas juntas de concreto, somadas às variações significativas de temperatura e à contínua passagem de cargas sobre as juntas, podem originar patologias que comprometem a vida útil do pavimento. Entre as principais manifestações patológicas envolvendo as juntas de dilatação das placas de concreto, se destacam o alçamento de placas, o escalonamento nas juntas, falha na selagem das juntas ou o esborcinamento (quebra das bordas de dilatação) das juntas (**Figura 15**) (NALDI, 2018).

**Figura 15 – (a) Alçamento de placas (b) Escalonamento nas juntas (c) Falha na selagem das juntas (d) Esborcinamento das juntas**



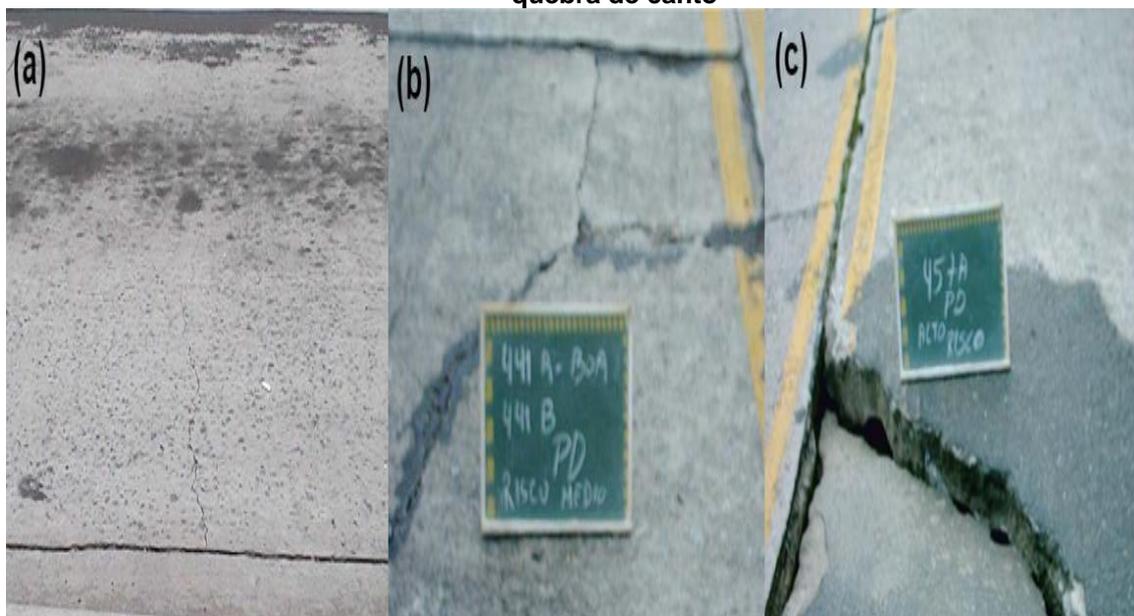
Fonte: DNIT (2004, 2010c).

### 2.3.4 Degradações ou defeitos na superfície

As degradações da superfície dos pavimentos rígidos podem aparecer sob a forma de desgaste, quando há descolamento da argamassa superficial, contribuindo para o afloramento dos agregados na superfície do pavimento e o polimento da superfície destes agregados com o tempo. A perda de concreto no local, pode provocar o surgimento de buracos (ou panelas) no local (DNIT, 2004).

Além disso, pode ocorrer o assentamento ou afundamento do pavimento, gerando ondulações superficiais extensas, e também o esborcinamento ou quebra de canto, onde surgem quebras nos cantos das placas de concreto, decorrentes de má execução da retirada de fôrmas, baixa resistência do concreto ou indevida utilização de veículos pesados fora das trilhas recomendadas em projeto (NALDI, 2018). A **Figura 16** ilustra as principais patologias envolvendo a superfície do pavimento rígido.

**Figura 16 – (a) desgaste superficial (b) assentamento ou afundamento (c) esborcinamento ou quebra de canto**



Fonte: DNIT (2004)

### 2.4 Principais Técnicas de Reparo de Patologias

Para a tomada de decisão quanto ao tipo de restauração a ser aplicada nos pavimentos com defeito, é necessária a realização de um estudo prévio que avalie as condições funcionais e estruturais das vias, identificando a origem e causas para as manifestações patológicas encontradas. Dependendo da severidade da patologia, pode ser necessária a remoção da região danificada e/ou substituição parcial ou total das camadas do pavimento deteriorado (BERNUCCI et al., 2008).

### **2.4.1 Técnicas de reparo dos pavimentos flexíveis**

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (DNIT, 2006), os principais fatores avaliados para escolha da alternativa de restauração mais apropriada são: a condição em que o pavimento se encontra em relação aos defeitos de superfície (principalmente os trincamentos, o desgaste, a panela, afundamento nas trilhas de roda, irregularidade longitudinal e resistência à derrapagem); solicitação de tráfego, ou seja, o número de passagem de carga por cada eixo padrão durante o projeto; e a capacidade estrutural do pavimento analisado.

Entre as principais técnicas de reparo dos pavimentos flexíveis, destacam-se: capa selante, tratamento superficial, lama asfáltica e microrrevestimento asfáltico, utilizados para selagem de trincas não irreversíveis; fresagem, recapeamento e remendos, utilizados para anomalias diversas.

A capa selante resume-se à aplicação de ligante asfáltico, com ou sem agregados, de forma contínua sobre o pavimento, com o objetivo de restaurar o revestimento asfáltico, fazer com que a pista readquira o atrito entre o pneu e o pavimento, selar as trincas de menor abertura, impermeabilizar a estrutura do pavimento e reduzir o desgaste pela ação das intempéries (YOSHIZANE, 2005).

O tratamento superficial, segundo Bernucci et al. (2008), pode ser definido como a aplicação de ligantes asfálticos e agregados sobre o pavimento, sem a existência de uma mistura anterior entre eles, seguida de devida compactação, recobrindo parcialmente o pavimento e garantindo a adesão entre os agregados e os ligantes.

A lama asfáltica é uma associação de agregado mineral, filer, emulsão asfáltica e água, espalhada de maneira uniforme sobre uma superfície devidamente preparada, podendo ser aplicada como camada de selagem, impermeabilização e conservação de pavimentos (DNIT, 2010b).

O microrrevestimento asfáltico possui composição semelhante à lama asfáltica, distinguindo-se pela emulsão asfáltica de ruptura controlada por polímeros e presença de aditivos. Além de camada selante e impermeabilizante, pode atuar na regularização e rejuvenescimento de pavimentos, além de aumentar a aderência entre o pneu e a pista de rolamento (DNIT, 2018).

A fresagem, segundo Bernucci et al. (2008), consiste no corte parcial ou total do revestimento asfáltico de determinado trecho da rodovia, ou ainda, de outras

camadas constituintes do pavimento, precedendo ações de restauração e substituição das camadas. Este procedimento é recomendado quando o pavimento está deteriorado estruturalmente, com o material retirado podendo ser reaproveitado através da reciclagem.

O recapeamento geralmente é executado após a fresagem, caracterizando-se pela construção de uma ou mais camadas asfálticas sobre o pavimento deteriorado, com a presença de uma camada para corrigir o nivelamento da pista (YOSHIZANE, 2005). Pode ser aplicado na correção da exsudação, de trincas interligadas, ondulações e escorregamento de massa asfáltica.

Os remendos, por fim, são utilizações de massa asfáltica no cobrimento de buracos existentes na via, podendo ser superficiais ou profundos. Embora os remendos mal executados sejam considerados defeitos no pavimento, quando bem executados podem corrigir superfícies com afundamento, panelas e desgaste. Em caso de problemas envolvendo remendos aplicados erroneamente, recomenda-se removê-lo e aplica-lo novamente de forma adequada (ROCHA; COSTA, 2009; DÓRIA; VILVERT, 2018).

#### **2.4.2 Técnicas de reparo dos pavimentos rígidos**

De acordo com o Manual de Restauração de Pavimentos Rígidos (DNIT, 2010c), além da avaliação funcional e estrutural do pavimento que contenha quaisquer tipos de anomalias, é necessário classificar os defeitos como recuperáveis ou irrecuperáveis. Os ditos defeitos recuperáveis possuem causas que podem ser eliminadas após seu processo de recuperação, enquanto os defeitos irrecuperáveis apresentam elevado grau de severidade, demandando a demolição do trecho.

Em relação às correções de defeitos recuperáveis, pode-se utilizar a vedação com resina para as fissuras, injeção de calda de cimento para o escalonamento das juntas e bombeamento de finos e substituição do material selante degradado por material mais resistente nas juntas que apresentem deterioração. Em caso de desgaste superficial do pavimento e fissuras em bloco, pode-se aplicar uma camada fina de pasta ou argamassa de cimento, adicionando-se emulsão adesiva.

No esborcinamento de bordas e juntas, são utilizadas argamassas poliméricas, enquanto na correção de buracos não muito grandes pode ser aplicada argamassa ou concreto, após aplicação de material intermediário adequado que sirva de ligação entre o material novo e o antigo.

Quanto aos defeitos irrecuperáveis nos pavimentos rígidos, deve-se demolir parcialmente ou totalmente a estrutura do trecho com defeito e reconstruir novamente o trecho demolido, como ocorre nos alçamentos de placas, fissuras de canto, placas divididas e buracos de maior espessura (DNIT, 2010c).

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou analisar os principais tipos de pavimento rodoviário e caracterizar e sintetizar as principais patologias que afetam o pavimento, identificando suas causas, sintomas e técnicas de reparo.

A partir dos dados analisados, pode-se concluir que os pavimentos rodoviários sempre estarão sujeitos a apresentar defeitos, sejam eles de origem funcional ou estrutural. Isso ocorre devido à grande variedade de agentes patológicos e à alta demanda de passagem de carga por essa malha, que assume majoritariamente a posição de principal modal utilizado no Brasil. Uma forma de amenizar a ocorrência desses defeitos, é a execução rotineira e eficiente da manutenção das rodovias.

Com o estudo, é possível concluir que as trincas e as panelas (buracos), que podem acontecer de variadas formas tanto em pavimentos flexíveis como em pavimentos rígidos, são os defeitos mais comuns e que exigem maior frequência e urgência de reparos. A evolução desses defeitos compromete o desempenho funcional e estrutural da pista.

Por fim, a identificação das origens dos defeitos é essencial para se definir o procedimento adequado de restauração/recuperação dos defeitos, pois uma análise equivocada não solucionará a patologia a longo prazo, necessitando-se de outra ação corretiva após um curto período de tempo e tornando-se mais onerosos os gastos na recuperação do trecho deteriorado.

### 4. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. R.; PEREIRA, M. S. Levantamento de manifestações patológicas em pavimento asfáltico em dois trechos localizados em avenida de Serra-ES. **Trabalho de Conclusão de Curso**; (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade Capixaba da Serra. 2017. 19 p.

ALVES, M. T. O.; FERNANDES, R. E. C.; BERTEQUINI, A. B. T. **Patologias em pavimento flexível**. Araçatuba, SP, 2018. 15 p.

BERNUCCI, L. B. *et al.* **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS, 2008. 3ª ed. 475 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Transporte rodoviário**:

por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram? Brasília: CNT, 2017. 158 p.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa CNT de Rodovias 2021**. Brasília: CNT, SEST, SENAT, 2021a. 231 p.

\_\_\_\_\_. **Anuário CNT do Transporte 2021**. Brasília: CNT, 2021b. 23 p.

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E DE RODOVIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (DER-ES). **Sistema Rodoviário do Estado do Espírito Santo 2021**. Espírito Santo: DER-ES, 2021. 19 p. Disponível em: <<https://der.es.gov.br/Media/der/Documentos/Rodovias%20Estaduais/SRE%202021%20v2.pdf>>. Acesso em: jun. 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INTRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Norma DNIT 005/2003 – TER: **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003. 12p.

\_\_\_\_\_. Norma DNIT 061/2004 – ES: **Pavimentos rígidos – Defeitos – Terminologia**. Rio de Janeiro, 2004. 13 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2006. 313 p.

\_\_\_\_\_. Norma DNIT 137/2010 - ES: **Pavimentação – Regularização do subleito – Especificações de serviço**. Rio de Janeiro, 2010a. 7 p.

\_\_\_\_\_. Norma DNIT 150/2010 – ES: **Pavimentação asfáltica – Lama asfáltica – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2010b. 9 p.

\_\_\_\_\_. **Manual de Restauração de Pavimentos Rígidos**. Rio de Janeiro, 2010c. 140p.

\_\_\_\_\_. Norma DNIT 035/2018 – ES: **Pavimentação asfáltica – Microrrevestimento asfáltico – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2018. 9 p.

DÓRIA, F. R.; VILVERT, R. R. **Micro revestimento asfáltico a frio - Estudo de caso: análise da recuperação funcional na rodovia sc-406 trecho: morro das pedras – pântano do sul**. Unisul – Universidade do Sul de Santa Catarina Palhoça, SC, 2018. 88 p.

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

FEROLDI, Ada Andressa. **Reabilitação de pavimento flexível com aplicação de whitetopping**. 2018. 21 p.

MAIA, I. M. C. Caracterização de patologias em pavimentos rodoviários. 2012. **Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado)** – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Portugal, 2012. 97p.

MARQUES, G. L. O. **Notas de aula da Disciplina Pavimentação**. Versão: 2006. Juiz de Fora, MG. 204 p.

MELO, M. S.; CANCIAN; V. A. Patologias no pavimento flexível. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade paranaense. 2018. 16 p.

NALDI, V. M. **Patologia de construções – Patologias em pavimentos rígidos**.

- Unoeste - Universidade do Oeste Paulista. Presidente Prudente, SP, 2018. 32 p.
- PINHEIRO; A. V. S.; SILVA, M. F. S.; SALOMÃO, P. E. Análise de Patologias no Pavimento Flexível da BR116 Trecho Sudeste: Teófilo Otoni – Itambacuri (Minas Gerais / Brasil). **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**. v.1, janeiro/2021.
- 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.
- ROCHA, R. S.; COSTA, E. A. L. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – Estudo de caso da avenida Pinto de Aguiar**. Universidade Católica de Salvador, BA, 2009.
- RODRIGUES, L. F. Juntas em pavimentos de concreto: dispositivos de transferência de carga. 2008. **Tese (Doutorado em Estruturas)** - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- RIBEIRO, Thiago Pinheiro. Estudo Descritivo das Principais Patologias em Pavimento Flexível. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. 4ª ed. Ano 02, Vol. 01, julho/2017. p. 733-754. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/wpcontent/uploads/2017/07/pavimento-flexivel.pdf>>. Acesso em: jun. 2022.
- SILVA, P. O. A.; OLIVEIRA, R. F. Patologias em pavimentos flexíveis. **Revista GETEC – Gestão, Tecnologia e Ciências**. v. 10, n. 30, 2021.
- YODER, Eldon Joseph; WITCZAK, Matthew W. **Principles of pavement design**. John Wiley & Sons, 1991. 2ª ed. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=UWBNPe6DeZ8C&oi=fnd&pg=PA3&dq=pavement+definition+book&ots=S\\_nrwVYhJx&sig=riqfMYEO7ZxhsTO0p0x9glyNbw#\\_v=onepage&q=pavement%20definition%20book&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=UWBNPe6DeZ8C&oi=fnd&pg=PA3&dq=pavement+definition+book&ots=S_nrwVYhJx&sig=riqfMYEO7ZxhsTO0p0x9glyNbw#_v=onepage&q=pavement%20definition%20book&f=false)> Acesso em: jun. 2022.
- YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. **Defeitos, manutenção e reabilitação de pavimento asfáltico**. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica - CESET, Limeira, 2005.