

# ESTUDO DE CASO DAS PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: DIAGNÓSTICO VISUAL EM UMA RODOVIA, A PARTIR DE AVALIAÇÃO VISUAL NO PERÍMETRO URBANO DE UMA CIDADE DO INTERIOR DO PARANÁ

CASE STUDY OF PATHOLOGIES IN FLEXIBLE FLOORING: DIAGNOSIS ON A ROADWAY, FROM VISUAL EVALUATION IN THE URBAN PERIMETER OF A CITY IN THE INTERIOR OF PARANÁ

ALEX JUNIOR DOS SANTOS<sup>1</sup>, ANA LÍDIA DA SILVA CASCALES CORRÊA<sup>2\*</sup>, GABRIEL XAVIER JORGE<sup>3</sup>

1. Engenheiro Civil pela Universidade Paranaense – UNIPAR, Paranavaí-PR; 2. Professora da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional-FEITEP, Maringá-PR; 3. Professor da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional-FEITEP, Maringá-PR.

\* Avenida Paranavaí, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87070-130. [prof.analidia@feitep.edu.br](mailto:prof.analidia@feitep.edu.br)

Recebido em 27/01/2022. Aceito para publicação em 07/02/2022

## RESUMO

O meio de transporte mais utilizado no Brasil é realizado por meio de rodovias, constituído em sua maioria por pavimentos flexíveis. O modal rodoviário atende diversas atividades tais como: locomoção de pessoas, cargas de insumos alimentícios e de matéria prima ou *comodities*, tanto para importação quanto para exportação. Visto que este meio é de suma importância para o desenvolvimento do país e crescimento da economia, o presente estudo de caso tem como objetivo identificar as possíveis causas do aparecimento de manifestações patológicas em uma rodovia na - que se delimita em um trecho urbano de um município do interior do Paraná, após sua duplicação no ano de 2019. Utilizando-se de pesquisas bibliográficas, levantamento de campo por meio de registros fotográficos e análise das manifestações patológicas encontradas, pretende-se apontar as possíveis causas das manifestações encontradas, visando a melhora da manutenção e a diminuição dos erros de execução, garantindo assim, maior qualidade e vida útil do pavimento. Com a aplicação da pesquisa observou-se que a patologia mais frequente foi o remendo, apresentando um valor equivalente a 44%, seguido do desgaste com 24%, trinca interligada – tipo couro de jacaré 20%, panela ou buraco 8% e escorregamento 4%, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimentos flexíveis, manifestações patológicas, rodovias.

## ABSTRACT

The most widely used means of transportation in Brazil is by road, consisting mainly of flexible pavements. The highway modal serves various activities, such as: locomotion of people, cargo of food inputs and raw materials or goods, both for import and export. Since this means is of extreme importance for the development of the country and growth of the economy, this case study aims to identify the possible causes of the appearance of pathological manifestations on a roadway

that is delimited in an urban perimeter of a city in the interior of Paraná, which in the year 2019 had the completed works of road duplication. Through bibliographic research, field survey through photographic records and analysis of the pathological manifestations found, it is intended to point out the possible causes of the manifestations found, aiming at the improvement of maintenance and the reduction of execution errors, thus ensuring a higher quality and useful life of the pavement. With the application of the research, it was observed that the most frequent pathology was the patching, presenting a value equivalent to 44%, followed by wear and tear with 24%, interlocked cracks - alligator leather type 20%, hole or potholes 8% and slipping 4%, respectively.

**KEYWORDS:** Flexible floors, pathological manifestations, highways.

## 1. INTRODUÇÃO

É fato, que o desenvolvimento econômico de uma cidade, região e até mesmo do país está ligado à infraestrutura de transportes presente naquele local, visto que este meio possibilita a ligação e integração de regiões, facilitando o escoamento de graneis, mercadorias a outros países; e, ainda no deslocamento da população no território<sup>1</sup>.

Visto que o modal rodoviário é o principal meio de transporte encontrado no Brasil, é imprescindível que as rodovias sejam pavimentadas e que os governos disponibilizem recursos afim de mantê-las preservadas e em condições de usos, ou até mesmo ampliadas, conforme demanda<sup>1</sup>.

Marques (2014)<sup>1</sup>, defende que em sua maioria o setor da infraestrutura é de responsabilidade de gestão pública e os recursos que são disponíveis para que seja mantida

as manutenções e conservação, estão longe do ideal que as rodovias necessitam.

A deterioração funcional está diretamente relacionada com os danos que ocorrem na superfície, pois este processo sucede de forma natural com o passar dos anos<sup>2</sup>. Esses danos podem ser afundamentos, escorregamentos, panelas ou remendos, desgaste, exsudações, ondulações e fendas<sup>2</sup>.

De acordo com Bernucci *et al.* (2006)<sup>3</sup> a pavimentação apresenta uma subdivisão de duas categorias, sendo elas a flexível e o rígido, e, afirma-se que o pavimento rígido é aquele revestido com cimento Portland e o pavimento flexível aquele revestido por pavimentos asfálticos.

Já o Manual de Pavimentação do DNIT (2006)<sup>4</sup> apresenta além dos dois tipos de categorias uma terceira, onde é denominado como pavimento semirrígido e o mesmo se caracteriza por ser uma base cimentada auxiliada de aglutinante que tenham características cimentícias.

Conforme apresenta o DNIT 049/2004 – ES<sup>5</sup> o pavimento rígido é uma estrutura de concreto simples, que apresenta uma faixa composta por placas de concreto de cimento Portland, não sendo armadas ou apresentando armadura sem função em sua estrutura, que tenham desempenho simultâneos as funções de base e revestimento.

Bernucci *et al.* (2006)<sup>3</sup> define que o pavimento flexível é uma estrutura que apresenta diferentes camadas com espessura finitas e que as mesmas são construídas sobre uma face final de terraplanagem, designada técnica e economicamente a suportar aos esforços originários do fluxo de veículos e do tempo, tendo como função proporcionar aos utilizadores uma melhor condição de rolagem, mantendo o conforto, economia e segurança.

Segundo a Confederação Nacional de Transportes – CNT (2017)<sup>6</sup>, a execução e aplicação do pavimento flexível no Brasil, corresponde a, aproximadamente 99% da malha rodoviária. A aplicação do pavimento flexível é composta de algumas camadas nas quais todas as cargas do tráfego são distribuídas de forma equivalentes para as camadas do pavimento e, aspiram a proteção do subleito<sup>6</sup>.

Por meio de comparações, observa-se que o pavimento flexível tem menores custos de implantação ao passo que ainda que demandem menores quantidades de recursos iniciais, são os pavimentos que apresentam maiores custos de manutenção, uma vez que sua vida útil comparada ao pavimento rígido é menor<sup>6</sup>.

Diante do exposto, o presente artigo tem como estudo de caso, a fim de abordar quais as possíveis causas para as deformações e deficiências no trecho de rodovia estudado entre os quilômetros 101+500,00 ao 115+0,00 desta forma, a partir de bibliografias, documentos especificados em normas regulamentadoras apresentar possíveis soluções.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização do estudo de caso

O presente estudo de caso foi aplicado em uma cidade do interior do Paraná. Segundo o IBGE (2010)<sup>7</sup>, o local caracteriza-se como uma cidade de médio porte, com população censitária de cerca de 80 mil hab., conforme pesquisa realizada em 2010 e, com estimativas populacionais de 2021 de cerca de 90 mil hab.

### Localização e características da Rodovia

Conforme demonstra a Figura 1 a demarcação em azul é a localização do trecho onde foi realizado o estudo de caso. Neste local, no ano de 2019, foram entregues obras de duplicação.

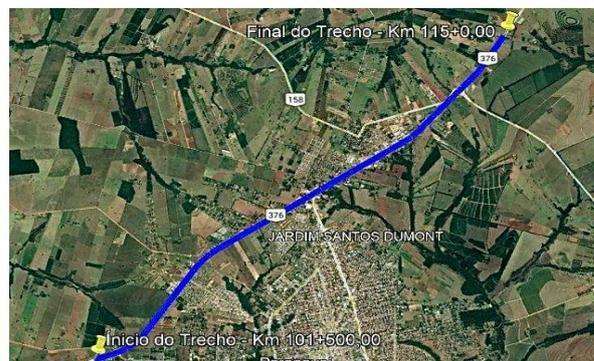


Figura 1. Localização do trecho em estudo. Fonte: os Autores (2021)

Uma rodovia com fluxo muito intenso apresentando distintos meios de locomoção, teve sua entrega oficial ao tráfego em 1965<sup>8</sup>. Com as obras finalizadas, o percurso que antes um caminhão carregado realizava até chegar ao Porto de Paranaguá era de 38 horas, consequentemente pela melhoria do tráfego o mesmo passou a percorrer este caminho utilizando somente 18 horas, tendo assim uma redução de aproximadamente 48%<sup>8</sup>.

### Estabelecimento do critério de restrição

Tendo em vista que ainda se apresentam poucos estudos na área, se faz necessário a apresentação e investigação da pesquisa a ser demonstrada uma vez que foi escolhido um trecho de aproximadamente 15 quilômetros da rodovia em análise.

Este foi escolhido pelo fato de ser importantíssimo meio de traslado sobre o município, além de fazer parte da área urbana e área industrial.

### Estrutura do Pavimento Flexível

De acordo com a Figura 2 os pavimentos flexíveis apresentam como características suas camadas constituídas por materiais betuminosos, e as camadas se denominam respectivamente: subleito, reforço de subleito, sub-base, base e revestimento.

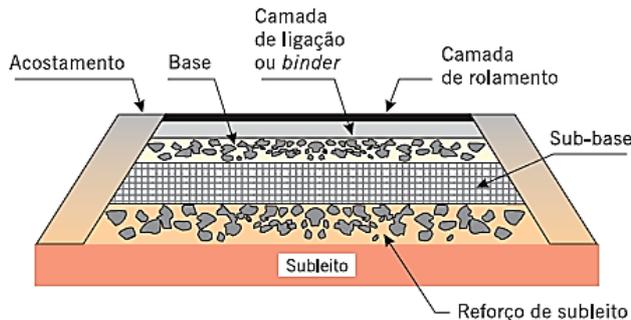


Figura 2. Seção transversal de um pavimento asfáltico. Fonte: Bernucci L.B., et al (2006)<sup>3</sup>.

Subleito: Camada em que são apoiados toda a estrutura do pavimento<sup>9</sup>. Também conhecido como terreno de fundação, esta camada deve ser considerada a estudo de profundidade de 0,6 a 1,5 metros, profundidade que são as que atuam significativamente as cargas impostas pelo tráfego<sup>9</sup>.

Reforço do subleito: Utilizada quando necessária, esta camada tem por objetivo estabilizar granulometricamente o subleito, e o mesmo deve estar devidamente compactado e regularizado<sup>10</sup>.

Sub-base: Camada executada sobre o subleito ou reforço do subleito, e tem por função completar a base e apresentar as mesmas funções<sup>11</sup>. Deve-se apresentar devidamente compactada e regularizada<sup>11</sup>.

Base: Camada executada sobre a sub-base, subleito ou reforço do subleito devidamente regularizado e compactado<sup>12</sup>. Tem por objetivo resistir aos esforços verticais, esforços oriundos dos veículos e distribuição dos mesmos, adequadamente a camada subjacente<sup>12</sup>.

Revestimento: o objetivo é receber as ações do tráfego e distribuir de forma atenuada as camadas subsequentes, trazendo melhora tanto no conforto quanto na segurança<sup>3</sup>.

**Manifestações Patológicas**

Os pavimentos são executados para durarem um determinado tempo, durante o seu ciclo de vida, o pavimento passa de condição inicial ótima a condição ruim em determinado momento<sup>13</sup>. Quando ocorre este decréscimo de serventia do pavimento, este é denominado como deterioração do pavimento<sup>13</sup>.

As manifestações patológicas nos pavimentos

podem se apresentar como estruturais ou funcionais<sup>14</sup>. As patologias estruturais, são aquelas que estão relacionadas a capacidade do pavimento em suportar as cargas que são provenientes do tráfego; e, as funcionais são as patologias que afetam de forma direta os usuários, pois além de diminuir as condições de dirigibilidade, tornam as vias inseguras<sup>14</sup>.

Conforme apresenta a Figura 3, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes traz em sua Norma 005/2003 – TER<sup>15</sup> uma tabela abordando a nomenclatura dos defeitos.

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

NOTA 1: Classe das trincas isoladas

- FC-1: são trincas com abertura superior à das fissuras e menores que 1,0mm.
- FC-2: são trincas com abertura superior a 1,0mm e sem erosão nas bordas.
- FC-3: são trincas com abertura superior a 1,0mm e com erosão nas bordas.

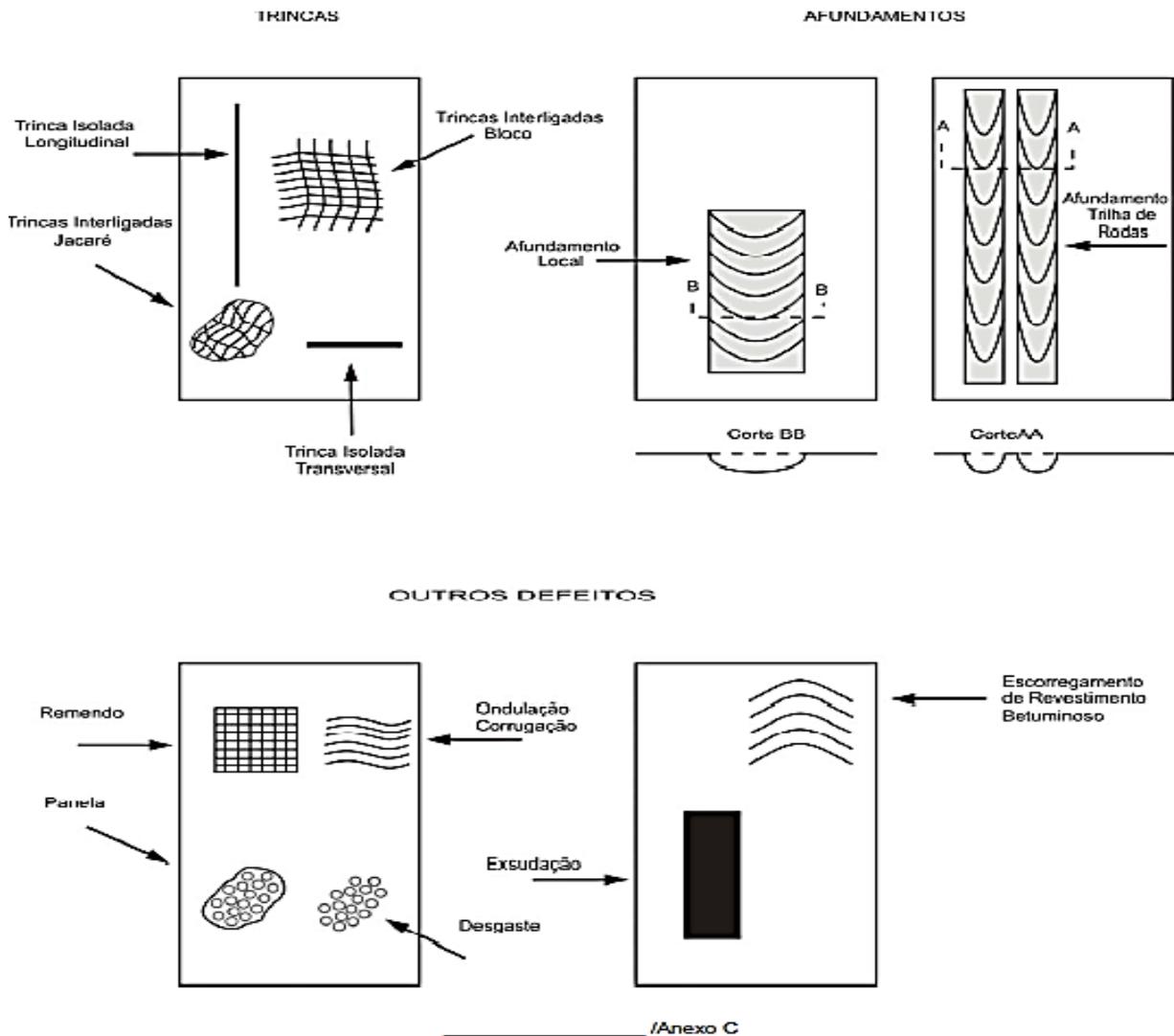
NOTA 2: Classe das trincas interligadas

As trincas interligadas são classificadas como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

/Anexo B

Figura 3. Quadro Resumo dos defeitos – Codificações e Classificação. Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Constata-se na Figura 4 que há uma representação esquemática das patologias, abordando tanto a superfície em pavimentos flexíveis quanto para estruturas semi-rígidas<sup>15</sup>.



**Figura 4.** Representação dos defeitos em pavimentos flexíveis. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

A norma do DNIT 005/2003 - TER<sup>15</sup>, traz definições para as manifestações patológicas encontradas em pavimentos asfálticos, patologias estas que serão abordadas abaixo.

**Fenda:** Segundo o DNIT 005/2003 – TER<sup>15</sup> fenda tem por definição ser qualquer descontinuação na face do pavimento, onde a mesma conduza aberturas de inferior ou superior porte. Além disso, apresenta-se de distintas formas, podendo ser fissura ou até mesmo trinca<sup>15</sup>:

**Fissura:** Apresenta-se como uma abertura de largura capilar existente no revestimento, podendo estar posicionada tanto de forma longitudinal, transversal ou até mesmo obliquamente ao eixo da via<sup>15</sup>. A fissura só é perceptível a olho nu de uma distância menor a 1,50 metros<sup>15</sup>. Por fim ressalta-se que as fissuras não causam problemas funcionais ao revestimento<sup>15</sup>.

**Trincas:** Apresenta-se como uma fenda existente no revestimento, é facilmente visível, tendo como abertura maior à da fissura e podendo identificar-se sob a forma tanto de trinca isolada quanto de trinca interligada<sup>15</sup>.

Observa-se na Figura 5 que a mesma é denominada como trinca isolada transversal e este tipo de patologia ocorre de forma ortogonal ao eixo do pavimento<sup>15</sup>. Quando este tipo de problema ocorrer em uma extensão de no máximo 1 metro é chamado de trinca transversal curta, no entanto se ultrapassar 1 metro é titulado como trinca transversal longa<sup>15</sup>.



**Figura 5.** Trinca isolada – transversal. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Ressalta-se na Figura 06 que a trinca isolada longitudinal acontece de forma paralelamente ao eixo do pavimento<sup>15</sup>. Quando a patologia apresentar comprimento maior que 1 metro será denominada como

longitudinal longa, diferente disso será titulada como longitudinal curta<sup>15</sup>.



**Figura 6.** Trinca isolada – longitudinal. **Fonte** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

As trincas denominadas interligadas se apresentam em dois grupos, e são denominados como trinca couro de jacaré e trinca em blocos<sup>15</sup>.

De acordo com a Figura 7 está patologia é denominada como trinca interligada - tipo couro de jacaré, e este tipo de problema se denotam como conjunto de trincas que não apresentam direções preferencias, além de estar em um estágio avançado de fadiga<sup>15</sup>.



**Figura 7.** Trinca interligada – tipo couro de jacaré. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Observa-se na Figura 8 que a patologia de trinca interligada - tipo bloco, são trincas causadas pela retração do pavimento asfáltico e pelas variações diárias de temperatura, tendo como característica visual um conjunto de trincas interligadas com aspectos de segmentos constituídos por lados bem definidos<sup>15</sup>.



**Figura 8.** Trinca interligada – tipo bloco. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

**Afundamento:** Tem por definição ser uma deformação permanente, apresenta caracterização por depressão da face do pavimento, podendo estar em duas formas comuns, seja por afundamento plástico ou afundamento

de consolidação<sup>15</sup>.

Vê-se na Figura 9 que os afundamentos plásticos são decorrentes da deformação plástica de uma ou mais camadas tanto do pavimento, quanto do subleito, a mesma apresenta elevações ao longo dos lados do afundamento<sup>15</sup>.



**Figura 09.** Afundamento de trilha de roda. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Segundo a Figura 10 o afundamento de consolidação acontece devido a consolidação diferencial<sup>15</sup>. Este problema ocorre para camadas do pavimento e para as camadas do subleito<sup>15</sup>. Quando esta patologia apresentar uma medida inferior a 6 metros é chamado de afundamento de consolidação local, quando está extensão for superior e estiver posicionado no decorrer da trilha de roda é titulado como afundamento de consolidação da trilha de roda<sup>15</sup>.



**Figura 10.** Afundamento local. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

**Ondulação ou Corrugação:** Ressalta-se na Figura 11 que a patologia de ondulação ou corrugação tem como definição ser uma deformação caracterizada tanto por ondulações, quanto por corrugações oblíquas na face do pavimento<sup>15</sup>.



**Figura 11.** Ondulação. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Escorregamento: De acordo com a Figura 12 abaixo, a mesma é denominada como escorregamento, e traz por definição ser a locomoção do revestimento em vínculo à faixa subjacente do pavimento, sendo visíveis fendas com formato de meia lua<sup>15</sup>. Este tipo de patologia aparece muito nos locais de áreas de frenagem e intersecções<sup>15</sup>.



**Figura 12.** Escorregamento. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Exsudação: Conforme a Figura 13 abaixo, a exsudação tem por definição ser o “excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento”<sup>15</sup>.



**Figura 13.** Exsudação. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Desgaste: Segundo a Figura 14, desgaste é definido pelo efeito da extração progressiva do agregado do pavimento, sendo caracterizado por ter uma aspereza aparente do revestimento e ser atraído por esforços tangenciais provocados pelo tráfego<sup>15</sup>.



**Figura 14:** Desgaste. **Fonte.** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Panela ou buraco: Nota-se por meio da Figura 15 que a mesma é denominada como panela ou buraco e tem por descrição ser uma depressão que se molda no revestimento podendo ser por distintas razões (inclusive por inexistência de ligação entre camadas superpostas, provocando o deslocamento das categorias), além disso,

a patologia, pode chegar as camadas baixas do pavimento, acarretando a sua desagregação de camadas<sup>15</sup>.



**Figura 15.** Panela ou buraco. **Fonte:** Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte, Norma DNIT 005/2003 – TER (2003)<sup>15</sup>.

Remendo: Vê-se na Figura 16 que o remendo é definido como “panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de tapa buraco”<sup>15</sup>.

Este tipo de patologia apresenta dois tipos de remendos, e são eles:

Remendo Profundo: É “aquele em que há substituição do revestimento e, eventualmente, de uma ou mais camadas inferiores do pavimento”<sup>15</sup>.

Remendo Superficial: Utilizado para reparo em área situada da superfície do revestimento, apresentando aplicação uma camada betuminosa<sup>15</sup>.



**Figura 16.** Remendo. **Fonte:** Bernucci L.B., et al (2006)<sup>3</sup>.

## Método

Metodologicamente o estudo de caso foi desenvolvido através de pesquisa bibliográfica, abordando os substanciais autores que tratam os conceitos e classificações de pavimentos e as predominantes manifestações patológicas que podem ser encontradas no pavimento.

Realizou-se uma visita técnica aos locais visíveis de maiores danos, e a partir de um relatório fotográfico pôde-se acompanhar e apontar as principais manifestações patológicas encontradas, estabelecendo então com a base bibliográfica, as possíveis causas para o surgimento das patologias, e apresentação de medidas mitigatórias ou soluções para tais ocorrências patológicas.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tem-se por resultados através das imagens recolhidas por levantamento fotográfico algumas manifestações patológicas encontradas, dentre elas:

trinca interligada tipo couro de jacaré, escorregamento, panela ou buraco, desgaste e remendos, principalmente.

O relatório fotográfico conta com 25 imagens tiradas no decorrer do trecho de análise. Destas, apenas 5 imagens são utilizadas, a título de mostrar a predominância das patologias observadas *in loco*.

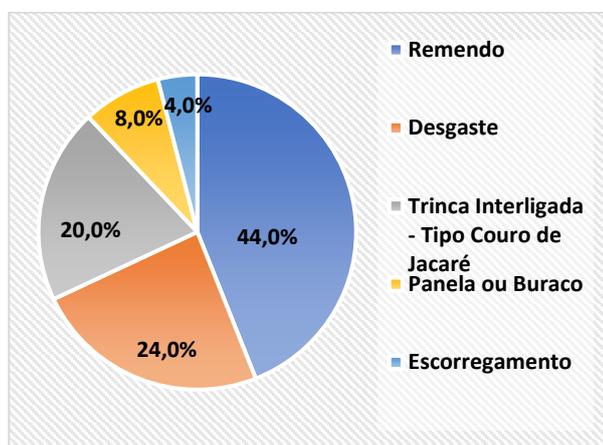
Como demonstra a Tabela 1, as patologias identificadas foram separadas em ordem decrescente tanto em quantidade como em porcentagem, pois desta forma há uma melhor visualização dos problemas que foram encontrados no decorrer do trecho e o quanto cada um representa na soma total das patologias.

**Tabela 1.** Patologias encontradas entre os quilômetros 101+500,00 a 115+00,00.

Tipo de Patologia	Quantidade	Porcentagem (%)
Remendo	11	44,00%
Desgaste	6	24,00%
Trinca Interligada - Tipo Couro de Jacaré	5	20,00%
Panela ou Buraco	2	8,00%
Escorregamento	1	4,00%
<b>TOTAL:</b>	<b>25</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: os Autores (2021).

Observa-se na Figura 17 apresentado que a patologia que teve maior relevância foi o remendo onde o mesmo apresenta um valor equivalente a 44%. Logo em seguida aparece o desgaste com 24%, trinca interligada – tipo couro de jacaré 20%, panela ou buraco 8% e escorregamento 4%, respectivamente.



**Figura 17.** Porcentagens das patologias ao longo do trecho. Fonte: os Autores (2021).

### Avaliação visual das patologias no trecho e suas possíveis causas

Segundo demonstra a Figura 18, este tipo de patologia é denominado como remendo, e só são considerados manifestações patológicas por gerarem desconforto aos usuários. Os remendos apresentam algumas causas que geram incômodo dos usuários, e a CNT (2018)<sup>16</sup> identifica algumas delas:

- Carga de tráfego acima do previsto;
- Má execução;
- Material de baixa categoria.



**Figura 18.** Remendo. Fonte: os Autores (2021).

Encontrado em apenas um local do trecho, ressalta-se que a Figura 19 demonstra a patologia de escorregamento. Este tipo de alteração patológica como demonstra a imagem está com um tamanho que causa grande desconforto aos usuários.

O escorregamento pode ocorrer por diversas maneiras, podendo ser<sup>16</sup>:

- Falhas na execução;
- Falhas na execução da pintura de ligação.



**Figura 19.** Escorregamento. Fonte: os Autores (2021).

Constata-se na Figura 20 que a patologia é denominada como panela ou buraco, e está categoria foi encontrada em apenas dois locais no trecho em estudo.

A panela ou buraco pode ocorrer por distintas maneiras, podendo ser<sup>16</sup>:

- Excesso de carga;
- Falta de compactação;
- Pintura de imprimação realizada de maneira incorreta.



**Figura 20.** Panela ou buraco. Fonte: os Autores (2021).

Nota-se por meio da Figura 21 que a mesma apresenta a patologia de desgaste, e está classe foi encontrada em um trecho relativamente médio. Este problema apresenta algumas causas prováveis que podem ter ocasionado seu defeito e Bernucci *et al* (2006)<sup>3</sup> aborda algumas, sendo elas:

- Falhas na dosagem;
- Défice na proporção do ligante;
- Falhas no projeto, referente a misturas de agregados.



**Figura 21.** Desgaste. Fonte: os Autores (2021).

Observa-se na Figura 22, que está patologia é identificada como trinca interligada – tipo couro de jacaré, e que esta falha apresenta algumas causas prováveis que Bernucci *et al* (2006)<sup>3</sup> cita, sendo elas:

- Alta dureza do revestimento;
- Desgaste com o passar do tempo do ligante;
- Ausência de plasticidade;
- Mudanças drásticas no clima.



**Figura 22:** Trinca Interligada – tipo couro de jacaré. Fonte: os Autores (2021).

Através do estudo de caso (avaliação visual da rodovia), pode-se retirar do trecho analisado um diagnóstico baseado nas bibliografias citadas no decorrer do trabalho.

Os remendos neste caso surgiram como forma de correção, pois o mesmo foi utilizado em locais que apresentavam painelas ou buracos.

Já o escorregamento foi a patologia que apresenta um maior grau de desconforto aos usuários. Nota-se que a patologia em si está levantada em comparação a face do revestimento, prejudicando a segurança.

A panela ou buraco foi encontrada em sua forma inicial, neste caso há duas soluções. A primeira é adicionar ao local uma certa quantidade de CBUQ e o próprio trânsito compactar o mesmo (chamado BV), ou a maneira mais correta, é fazer o recorte dessa patologia até a camada inferior (que em sua grande maioria encontrada abaixo da capa é o denominado binder), fazer novamente a pintura de ligação e adicionar o CBUQ para que por fim o rolo liso faça a compactação do pavimento e liberação do tráfego sem algum desconforto aos usuários.

No defeito do desgaste, o que mais contribui para tal problema é a utilização de produtos de qualidades inferiores quando se trata dos agregados. E, pode-se afirmar, como forma de conclusão, que ensaios de laboratório, como o ensaio de abrasão Los Angeles, possibilitariam a prova do exposto, e certamente estariam reprovados para utilização.

Na patologia de trinca interligada tipo couro de jacaré, o que contribuiu para tal problema foi a execução

do revestimento em temperatura elevada, pois desta forma o mesmo com o passar do tempo perdeu a sua flexibilidade.

### Solução para minimização das patologias

Com o passar de sua vida útil o pavimento flexível começa a sofrer ações que levam a sua degradação e com isso o mesmo perde muito a sua função estrutural, e para que o pavimento não chegue a sua total degradação ocorre as manutenções e recuperações. No entanto estes serviços além de não serem baratos, causam grande transtornos aos usuários.

Portanto a solução proposta é a troca do pavimento flexível pelo pavimento rígido, pois este tipo de pavimento além de ter uma vida útil maior, o valor de manutenção e implantação em sua grande maioria é menor quando comparado com o pavimento flexível.

### Custos de implantação do pavimento flexível e pavimento rígido

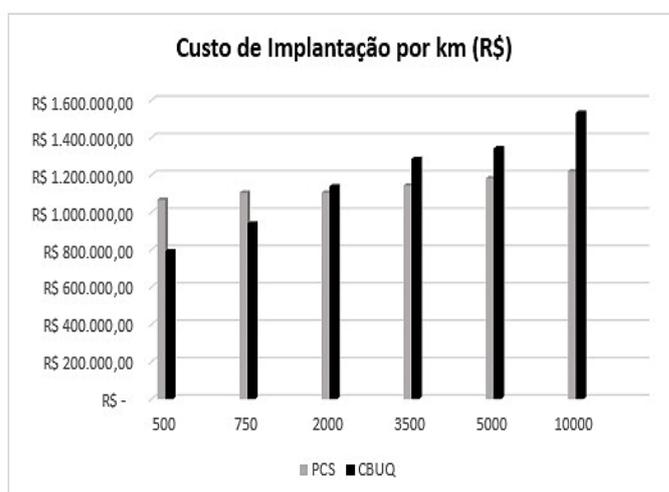
Nota-se por meio da Tabela 3, que nos VDMc 500 e 750 a alternativa de pavimentação flexível seria mais econômica<sup>17</sup>. No entanto quando o valor do volume diário médio de veículos comerciais é maior que 2000, o pavimento rígido apresenta maior vantagem<sup>17</sup>.

**Tabela 3.** Custo de Implantação da pavimentação por km.

VDMc	PCS		CBUQ	
500	R\$	1.066.000,40	R\$	791.484,50
750	R\$	1.104.463,30	R\$	938.046,27
2000	R\$	1.104.463,30	R\$	1.138.449,29
3500	R\$	1.142.926,20	R\$	1.285.548,61
5000	R\$	1.181.389,10	R\$	1.341.571,64
10000	R\$	1.219.852,00	R\$	1.532.054,61

VDMc = Volume diário médio de veículos comerciais  
 PCS = Pavimento de Concreto Simples  
 CBUQ = Concreto Betuminoso Usinado a Quente

Fonte: Adaptado do Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária, (2018)<sup>17</sup>.



**Figura 23.** Custo de Implantação da pavimentação por km. Fonte: Adaptado do Estudo Comparativo entre Pavimentos Flexível e Rígido na Pavimentação Rodoviária, (2018)<sup>17</sup>.

Conforme demonstra a Figura 23 o custo de implantação por km se distingue depois dos 2000

VDMc, dando uma diferença que varia de R\$ 33.985,99 a R\$ 312.202,61 reais ao chegar nos 10000 VDMc<sup>17</sup>.

Com base no que foi demonstrado ressalta-se que houve uma diferença considerável no custo de implantação dos diferentes tipos de pavimentos. Desta forma observou-se que há troca dos mesmos é de ser avaliada com bastante atenção pois leva-se em conta que o custo está sendo apresentado por quilômetro (km), e a conta realizada acima pode ser ainda maior dependendo da distância e do volume de veículos que serão aplicados na implantação.

### Custos de manutenção do pavimento flexível e pavimento rígido

Apresentando o pavimento sua estrutura comprometida, há a necessidade de manutenção para que este atinja sua vida útil calculada em projeto.

Fundamentado nisso, observou-se através de uma avaliação comparativa, a comprovação da diferença tanto em serviço, quanto em custo ao se executar manutenção com pavimento flexível e pavimento rígido, para o trecho da SC-114 entre Otacílio Costa a BR-282 em Lajes realizada pelo 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET de Balneário Camboriú – SC.

De acordo com o que apresenta a Tabela 4, em relação as etapas de manutenção há uma diferença de 7 tipos de serviços na extensão de 1000 metros proposta para a avaliação<sup>18</sup>. Além disso ressalta-se que a quantidade de material utilizada em cada tipo de pavimento quando comparados é enorme<sup>18</sup>.

**Tabela 4.** Quantitativo de serviços de manutenção dos pavimentos para 1000 metros na SC – 114 entre Otacílio Costa e Lajes.

Pavimento Flexível		
Serviço	Unidade	Quantidade
Microrevestimento (2cm)	m <sup>2</sup>	R\$ 14.000,00
Reforço de CAUQ (5cm)	t	R\$ 1.680,00
Fresagem descont. (3cm)	m <sup>3</sup>	R\$ 257,20
Pintura de Ligação	m <sup>2</sup>	R\$ 23.289,00
Recomp. em CAUQ (3cm)	ton	R\$ 734,80
Reparo superficial	m <sup>3</sup>	R\$ 29,40
Reparo profundo	m <sup>3</sup>	R\$ 54,40
Imprimação	m <sup>2</sup>	R\$ 117,60
Cap Modificado por polímero	ton	R\$ 132,80
Asfalto diluído CM-30	ton	R\$ 0,14
Emulsão asfáltica RR-1C	ton	R\$ 0,93
Emulsão asf. Mod por polímero	ton	R\$ 42,00

Pavimento Rígido		
Serviço	Unidade	Quantidade
Reparo de juntas	m	R\$ 2.808,00
Tratamento de fissuras	m <sup>2</sup>	R\$ 3.640,00
Remendo em placa	m <sup>3</sup>	R\$ 91,00
Demolição de placa de concreto	m <sup>3</sup>	R\$ 84,00
Construção de placa de concreto	m <sup>2</sup>	R\$ 420,00

**Fonte:** Adaptado do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET Balneário Camboriú - SC, (2019)<sup>18</sup>.

Já quando analisa a Tabela 5 é possível a visualização dos custos em manutenção duplicar, triplicar e em alguns casos específicos como no 5º (quinto) ano chegar a 36,8 vezes de diferença entre a manutenção de um pavimento flexível para o rígido<sup>18</sup>.

**Tabela 5.** Custos de manutenção dos pavimentos ano a ano para 1000 metros na SC – 114 entre Otacílio Costa e Lajes.

Ano	Flexível (R\$/ano)	Rígido (R\$/ano)
1		Abertua
2	R\$ 1.877,44	R\$ 1.362,45
3	R\$ 3.754,87	R\$ 2.043,68
4	R\$ 5.632,31	R\$ 2.724,90
5	R\$ 125.494,88	R\$ 3.406,13
6 a 9	R\$ 37.548,70	R\$ 16.349,40
10	R\$ 334.693,37	R\$ 25.160,53
11 a 14	R\$ 37.548,70	R\$ 16.349,40
15	R\$ 126.898,16	R\$ 81.812,59
16 a 19	R\$ 37.548,70	R\$ 16.349,40
20	R\$ 334.693,37	R\$ 81.812,59
Total	R\$ 1.045.690,50	R\$ 247.371,06

**Fonte:** Adaptado do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET Balneário Camboriú - SC, (2019)<sup>18</sup>.

Como a diferença de custos nestes 20 anos de avaliação comparativa chegou a exatamente R\$ 798.319,44 reais, ao realizar-se uma conta simples ano a ano a diferença em montante seria de R\$ 39.915,972, valor considerado alto levando em consideração que o trecho analisado tinha apenas 1000 metros de extensão.

## 4. CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, pode-se perceber através dos dados apresentados que há uma diferença nos custos que variam de 3,1 a 25,6 % (por cento) para os serviços de implantação e 322,72% (por cento) aproximadamente, para os serviços de manutenção quando analisados os dois tipos de pavimentos.

Mas, para além dos custos e a quantidade de serviços de manutenção que é realizado neste tipo de estrutura, quando se analisa o lado ambiental nota-se que também há um ganho, pois com a troca dos pavimentos haverá diminuição de gases que é lançado na atmosfera pelas refinarias ao transformarem o petróleo em derivados e também irá reduzir o CO<sub>2</sub> que é liberado pelos caminhões ao transportarem tais produtos como emulsão asfáltica, concreto betuminoso usinado a quente (C.B.U.Q), concreto asfáltico usinado a quente (C.A.U.Q) para as manutenções e implantações deste tipo de pavimento. Além disso observa-se que esta estrutura para ser realizada, precisa da junção dos agregados miúdo e graúdo, acrescido material de enchimento como filler, finalizando com a adição do CAP (cimento asfáltico de petróleo) e ambos são fontes de recursos naturais. E, com o passar do tempo, por serem recursos naturais não renováveis, podem sofrer interferências econômicas com aumentos abusivos nos valores, e nas piores hipóteses, tornarem-se escassos.

Sendo assim conclui-se que o trabalho desenvolvido, mostrou diferencial dos já publicados uma vez que visa demonstrar que além de serviços e custos, certifica o cuidado com o meio ambiente visando manter os recursos naturais intactos do ser humano. Desta forma como possível solução, caso aconteça as trocas dos pavimentos, o valor em reais que se difere das conservações poderia ser aplicado em outras modalidades como pavimentações de estradas,

implantação de trincheiras e viadutos em locais que apresentam grande índice de acidentes e revitalizações de praças públicas.

## 5. REFERÊNCIAS

- [1] Marques GB. Análise de pavimento flexível: estudo de um trecho crítico na rodovia ERS-421. [Trabalho de conclusão do curso] Lajeado: Faculdade de Engenharia do Centro Universitário Univates. 83p. 2014.
- [2] Pinatt JM. Utilização de sig como ferramenta de análise de defeitos em pavimentos urbanos na cidade de Maringá. [tese de dissertação] Maringá: Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de Maringá. 144p. 2018.
- [3] Bernucci LB., *et al.* Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2006.
- [4] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Manual de Pavimentação. 3 eds. Rio de Janeiro, 2006.
- [5] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, NORMA DNIT 049/2004: Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrma-deslizante - Especificação de serviço Rio de Janeiro, 2004.
- [6] Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de Rodovias: relatório gerencial. Brasília: CNT: SEST: SENAT 2018. [acesso em: 01 set. 2021] Disponível em: [http://cms.pesquisarodovias.cnt.org.br/PDFs/Resumo\\_Principais\\_Dados\\_Pesquisa\\_CNT\\_2018\\_FINAL.pdf](http://cms.pesquisarodovias.cnt.org.br/PDFs/Resumo_Principais_Dados_Pesquisa_CNT_2018_FINAL.pdf).
- [7] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [acesso 09 dez. 2021] Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/>
- [8] Departamento de Estradas e Rodagem. História das Rodovias do Estado. [acesso 07 set. 2021] Disponível em: <http://www.der.pr.gov.br/Pagina/Historia>.
- [9] Marques GL O. Pavimentação. Notas de Aula, Universidade Federal de Juiz de Fora, Versão: 2018.
- [10] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, NORMA DNIT 138/2010: Pavimentação – Reforço do subleito – Especificação de serviço, Rio de Janeiro, 2010.
- [11] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, NORMA DNIT 139/2010: Pavimentação Sub-base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço, Rio de Janeiro, 2010.
- [12] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, NORMA DNIT 141/2010: Pavimentação Base estabilizada granulometricamente – Especificação de serviço, Rio de Janeiro, 2010.
- [13] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos. 2 eds. Rio de Janeiro, 2006.
- [14] Silva PFA. Manual de patologia e manutenção de pavimento. São Paulo: Pini, 2005.
- [15] Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, NORMA DNIT 005/2003 – TER. Defeitos dos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia, Rio de Janeiro, 2003.
- [16] Confederação Nacional do Transporte. Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias. [acesso 04 out. 2021] Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/conheca-principais-defeitos-pavimento>
- [17] Filho JMM, Rocha EGA. Estudo comparativo entre pavimentos flexível e rígido na pavimentação rodoviária. [acesso em 04 out. 2021] Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/pavimentos-flexivel>.

- [18] Cavalet V.N., *et al.* Análise comparativa do custo-benefício entre pavimentos flexíveis em concreto asfáltico e pavimentos rígidos em concreto de cimento portland aplicado em rodovia de alto tráfego. Balneário Camboriú: 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, 2019.