

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
ENGENHARIA CIVIL**

**PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS:
ANÁLISE DAS CAUSAS E ORIGENS**

LAGES/SC

2020

FEYP CESCNETO

**PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS:
ANÁLISE DAS CAUSAS E ORIGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UNIFACVEST, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Aldori Batista dos Anjos

LAGES/SC

2020

FEYP CESCNETO

**PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS:
ANÁLISE DAS CAUSAS E ORIGENS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, do curso de Engenharia Civil da Centro Universitário UNIFACVEST, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Aldori Batista dos Anjos

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Avaliador 1

Prof. Avaliador 2

Prof. Avaliador 3

LAGES/SC

2020

RESUMO

O presente trabalho teve o objetivo de realizar um estudo de caso por meio da análise e avaliação das patologias de uma avenida na cidade de Bom Retiro - SC e identificar das causas e origens e relacionando a solução para cada situação manifestada e diagnosticada. A realização desta pesquisa se justifica por analisar e avaliar, um fator constante na área de infraestrutura que é a manutenção, de danos e patologias em estradas e rodovias, que possuem altos custos e precisam ter uma análise minuciosa para determinar os procedimentos a serem realizados. O método utilizado pelo trabalho foi um estudo exploratório onde foi fundamento com base na bibliografia e a partir do levantamento documental em campo das patologias levantou-se o método necessário para realizar a manutenção com base na regulamentação do DNIT. A partir do procedimento realizado, foram obtidos os resultados tendo 4 classificações de manifestações patológicas diferentes. Conclui-se com base nos resultados que o tráfego determinado para o projeto e uso da estrada está em desacordo e por isso a ocorrência de tantas fissuras estão em evidências na rodovia analisada.

Palavras-chave: Patologias em Estradas; Manutenção de Pavimentos; Recuperação de patologias em vias.

ABSTRACT

The present work had the objective of carrying out a case study through the analysis and evaluation of the pathologies of an avenue in the city of Bom Retiro - SC and to identify the causes and origins and relating the solution for each manifested and diagnosed situation. The realization of this research is justified for analyzing and evaluating, a constant factor in the area of infrastructure which is the maintenance, of damages and pathologies in roads and highways, which have high costs and need to have a thorough analysis to determine the procedures to be performed. The method used by the work was an exploratory study where it was based on the bibliography and from the documentary survey in the field of pathologies, the necessary method to carry out maintenance based on the DNIT regulations was raised. From the procedure performed, the results were obtained having 4 classifications of different pathological manifestations. It is concluded based on the results that the traffic determined for the design and use of the road is at odds and therefore the occurrence of so many cracks is evident in the analyzed highway.

Keywords: Pathologies in Roads; Floor Maintenance; Recovering pathologies in pathways.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Comportamento do pavimento.....	15
Figura 2 - Desgaste em pavimento.	18
Figura 3 - Rodovia com danos no acostamento devido a perda de agregados.....	20
Figura 4 - Exsudação ocorrido em pavimento rodoviário.	21
Figura 5 - Fissura por fadiga de grande medida.....	22
Figura 6 - Trincas em blocos no pavimento.....	23
Figura 7 - Trinca por reflexão.	25
Figura 8 - Buraco em pavimento de seriedade média.....	26
Figura 9 - Deformação plástica no pavimento.	27
Figura 10 - Capacidade do pavimento de acordo com o tempo.	31
Figura 11 - Qualidade do pavimento a partir da recuperação e ao passar do tempo.	32
Figura 12 - Espalhamento de ligante com caminhão cisterna.....	33
Figura 13 - Diagrama para realização da manutenção de pavimentos.	40
Figura 14 - Recapeamento.....	42
Figura 15 - Limpeza e realização da caixa.....	43
Figura 16 - Colocação de material.	44
Figura 17 - Compactação.....	45
Figura 18 - Remendo.	46
Figura 19 -Equipamento de fresagem.	47
Figura 20 - Área fresada.	47
Figura 21 - Material reciclado fresado.	48
Figura 22 - Sobrecapa utilizando o concreto aderido.	49
Figura 23 - Sobrecapa utilizando o concreto não aderido.	49
Figura 24 - Demolição da estrada.	50
Figura 25 – Reconstrução do pavimento.....	51
Figura 26 – Rodovia SC-112.....	54
Figura 27 - Fissuras em blocos por fadiga	57
Figura 28 - Fissuras e trincas transversais no pavimento asfáltico.	58
Figura 29 - Desagregação.....	59
Figura 30 - Afundamento com fissuras.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Famílias e tipos de degradações.....	16
Tabela 2 - Níveis de severidade de acordo com profundidade e diâmetro dos buracos.	26
Tabela 3 – Gravidade segundo a profundidade das deformações.	27
Tabela 4 - Possíveis tratamentos de conservação preventiva para vários tipos de danos nos pavimentos.	36
Tabela 5 - Patologias identificadas.....	56
Tabela 6 - Resumo das patologias analisadas.....	61

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo Geral	10
1.1.2	Objetivos Específicos	10
1.2	JUSTIFICATIVA	10
2	REFERENCIAL TEORICO	12
2.1	PAVIMENTOS	12
2.1.1	Classificação do Pavimento	14
2.2	PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS	15
2.2.1	Desgaste	17
2.2.2	Desagregação	18
2.2.3	Exsudação	20
2.2.4	Fissuras	21
2.2.5	Panelas e ou Buracos	25
2.2.6	Deformação plástica	26
2.3	CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO	28
2.3.1	Conservação Preventiva	28
2.3.2	Conservação Corretiva	29
2.3.3	Conservação Emergencial	30
2.3.4	Apreciação dos Tipos de Conservação	31
2.3.5	Métodos de Conservação e suas Aplicações	32
2.4	MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS	36
2.4.1	Procedimento para Manutenção do Pavimento	38
2.4.2	Identificação das Técnicas para Solução	39
2.4.3	Projeto, Planejamento e Execução	40
2.4.4	Soluções para Reabilitação de Pavimentos	41
3	METODOLOGIA	52
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	52
3.3	ANÁLISE DOS DADOS	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1	ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	56

5	CONCLUSÃO	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	APÊNDICE A – PATOLOGIAS DOCUMENTADAS	67

1 INTRODUÇÃO

A vida da estrada começa a contar quando a estrada se abre para o tráfego. A qualidade do transporte de mercadorias e pessoas varia durante a vida útil do pavimento, porque mesmo com bom desempenho, as superfícies das estradas sofrem com variáveis externas, como tempo e trânsito. Para evitar uma qualidade inferior ao valor mínimo exigido, durante a vida útil é necessário implementar medidas de conservação ou medidas para manter a estrada e todos os elementos que o compõem.

As rodovias e estradas no país possuem um papel essencial em relação à economia e o desenvolvimento do país, como fundamental método de transporte e realização da maioria das produções e cargas.

Segundo dados da COMURB (2013), a rodovia Bandeirantes, SP-348 ajuda a conduzir o desenvolvimento das cidades que estão em sua área, os investimentos desde 1998 somam R\$ 2 bilhões. Este ano, a implantação da quinta faixa entre os Km 14 e 47 consumiram R\$ 160 milhões. Esta faixa deverá beneficiar aproximadamente 3,5 milhões de habitantes das cidades das regiões metropolitanas de Campinas e São Paulo, além dos moradores de Jundiaí e cidades ao redor. Essas informações demonstram, que além da circulação e do deslocamento de passageiros, cargas, etc., as estradas e rodovias devem apresentar condições adequadas de uso, garantindo conforto e segurança de modo a evitar acidentes.

Como demonstrado nos dados anteriores, há um grande investimento em rodovias e estradas de modo que o retorno se já tão grande quanto, a problematização está em deferir então se as medidas utilizadas para prevenção de danos e as manutenções estão sendo praticadas de forma que demonstre eficiência pois há um problema muito grande atualmente, com relação as usuais manutenções em estradas e rodovias.

Pois, segundo dados do programa estadual de construção e manutenção de estradas, o Estradeiro, foram executadas obras em 1.380 km de estradas pavimentadas. Deste total 257 km foram de asfalto novo em rodovias estaduais e 333,52 km de pavimentação urbana. O número inclui também os 790,8 km de conservação e restauração de estradas pavimentadas (SEFAZ, 2008).

Sendo assim, a partir dos problemas e dados contextualizados, o presente trabalho vem com o propósito de analisar as causas e origens das ocorrências de manifestações patológicas em estradas e rodovias.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é apresentar um estudo de caso por meio da análise e avaliação das patologias, a identificação das causas e origens e relacionando a solução para cada situação manifestada e diagnosticada.

1.1.2 Objetivos Específicos

De forma específica, o trabalho possui os seguintes objetivos:

- a) Introduzir o conceito de patologias e danos ocorridos nos pavimentos de estradas e rodovias;
- b) Demonstrar os métodos de manutenção e conservação de estradas e rodovias com relação ao pavimento e seus procedimentos;
- c) Apresentar um estudo de caso associando as patologias encontradas as suas causas e soluções para o ocorrido.

1.2 JUSTIFICATIVA

Sabe se que pavimentação asfáltica é de suma importância no desenvolvimento das cidades e na ligação entre elas, pois é sobre ela que, materiais, cargas, produtos, etc. são direcionados para outras regiões.

Tem alguns conceitos básicos que devem ser levados em consideração ao analisar o desempenho da superfície da estrada. Sobre isto, é importante lembrar que o pavimento pode ser danificado e se deteriorar ao longo do tempo, mesmo que seja bem projetado e produzido em conformidade com todas as especificações e padrões exigidos. (BARCA; NOGUEIRA, 2015).

Segundo Barca e Nogueira (2015), enquanto outras estruturas têm uma vida útil indefinida, os pavimentos das estradas têm uma certa duração; mesmo com manutenção ideal, ele falhará. As estradas e rodovias são provavelmente as únicas estruturas realizadas que não funcionaram por um determinado período de tempo.

Devido as essas especificações, torna-se essencial realizar a análise dos métodos de conservação e de manutenção de pavimentos, tendo em vista auxiliar ao custo e investimento frequente realizado em estradas e rodovias.

2 REFERENCIAL TEORICO

A superfície da estrada é uma estrutura de camadas sobrepostas de espessura e materiais específicos. O comportamento das camadas varia de acordo com os materiais que elas formam, que podem ter diferentes origens e propriedades (FIGUEIREDO, 2011).

E a partir dos desgastes e degradações destes materiais, são referidos os danos nas rodovias e estradas, então se faz muito necessária a realização dos métodos de conservação e manutenção dos mesmos, evitando o desenvolvimento de problemas e patologias nas estradas e rodovias.

A superfície da estrada é exposta diariamente a substâncias que causam degradação, o que causa o aparecimento de danos e degradações. Esses agentes podem ser carregamentos, dependendo da temperatura, movimento e água. O mau desempenho durante a construção e / ou má preparação do material pode acelerar a degradação da superfície da estrada (FIGUEIREDO, 2011).

A deterioração pode ser superficial ou estrutural. Os primeiros influenciam o comportamento funcional da superfície da estrada e, portanto, reduzem a segurança e o conforto de quem ali vai. A deterioração estrutural manifesta-se no aparecimento de patologias na superfície do solo. Isto pode ser devido à falta de capacidade de suporte da fundação ou à destruição dos materiais que compõem a estrutura do pavimento. Essas deficiências podem promover o acúmulo e a penetração de água nas camadas inferiores. As mesmas possuem o propósito das intervenções nos pavimentos, elas se desenvolvem nos sucessivos estágios de degradação, que levam à ruína do pavimento. (VICENTE, 2006).

Neste contexto, será apresentado neste capítulo os danos e ocorrências de patologias nos pavimentos asfálticos, segundo sua classificação, características e propriedades de modo a permitir o entendimento das ocorrências destes eventos em estradas e rodovias.

2.1 PAVIMENTOS

Para um melhor acesso a lugares mais viáveis para a sobrevivência, como áreas cultiváveis e com escassez de recursos naturais, o homem acabou criando o que hoje denominamos de estrada. Os primeiros relatos de realização são da China,

logo em seguida os romanos aperfeiçoando o método, criando alternativas para melhor utilização, quanto sua durabilidade e acessibilidade (BALBO, 2007).

Com isso, criou-se o chamado pavimento, junto a sistemas de drenagem. Os egípcios também são povos importantes quanto ao aperfeiçoamento de pavimentos, uma vez que eles estão entre os primeiros a criar caminho aberto as primeiras vias, com criação de drenos laterais, para que além de vantajosas melhorias, funcionasse também de maneira estética, para possíveis desfiles militares, religiosos, dentre outros (MOTTA et al., 2008).

As técnicas eram realizadas, em primeiro momento, com a escavação de todo perímetro do terreno, a fim de encontrar material duro ou consistente. Quando escavação era realizada em vales, que apresentam solo menos resistente, também era feito a cravação de estacas de madeira, nivelamento e compactação (BALBO, 2007).

Após compactação, executava-se o lastro de pedra, com intuito de melhorar as condições de apoio para as futuras camadas superiores. Em seguida, a camada superior era executada, feita com tijolos, pedras, ladrilhos e pedaços de ferro. Os mesmos eram aglomerados por toda a pasta de cal, areia argila e pozolana (cinza volante vulcânica natural) (BALBO, 2007).

A camada seguinte era realizada com pedras menores, sua compactação vinda logo depois, com função de impermeabilização do pavimento.

Estas técnicas construtivas vieram sendo aprimoradas e estendidas por dois mil anos, levando assim seu uso para outros continentes além da Europa. Tinham por objetivo interligar diversas cidades, auxílio no aproveitamento de recursos disponíveis em regiões mais afastadas, grande escoamento de bens agrícolas e a criação de caminhos estáveis para a movimentação humana (MOTTA et al., 2008).

A via romana que ganha maior destaque devido ao uso dessas técnicas é a Via Appia, tendo a sua construção iniciada no ano 312 a.C., via essa que ligava Roma e Taranto. Também são travessias importantes da época a Via Aurelia, Via Flaminia e Via Clodia. Já no Brasil, a elaboração da primeira obra estadual usou deste método como referência, se destacando a primeira rodovia pavimentada Calçada do Lorena, que ligava Santos a São Paulo (MOTTA et al., 2008).

Segundo Balbo (2007), apesar de momentos de abandono do uso desta técnica, provenientes de grande decadência econômica sofrida pelos europeus

durante Baixa idade Média, com o ressurgimento da indústria artesanal, voltou-se ao uso e construção de pavimentações de vias.

Esta técnica teve uso até meados de 1770, quando o engenheiro francês Pier-Maria Jerolame Trésaguet levou essa elaboração a outro patamar. Com técnica inovadora, Pier empregou como metodologia construtiva de pavimentação a fundação. A fundação era confeccionada com camada superior de 08 a 10 centímetros de pedras trituradas dispostas a mão (BALBO, 2007).

Por entre 1825 e 1895 muitos estudos eram realizados acerca da elasticidade e resistência dos materiais. Isto fez com que se criassem normas para a construção de vias. Já no século XIX, o concreto foi se viável como material para pavimentação, e desde então vem sendo uma ótima alternativa (BALBO, 2007).

2.1.1 Classificação do Pavimento

De acordo com o DNIT (2006), os pavimentos podem ser classificados em três tipos, sendo ele: Pavimento Flexível, Pavimento Rígido e Pavimento Semirrígido.

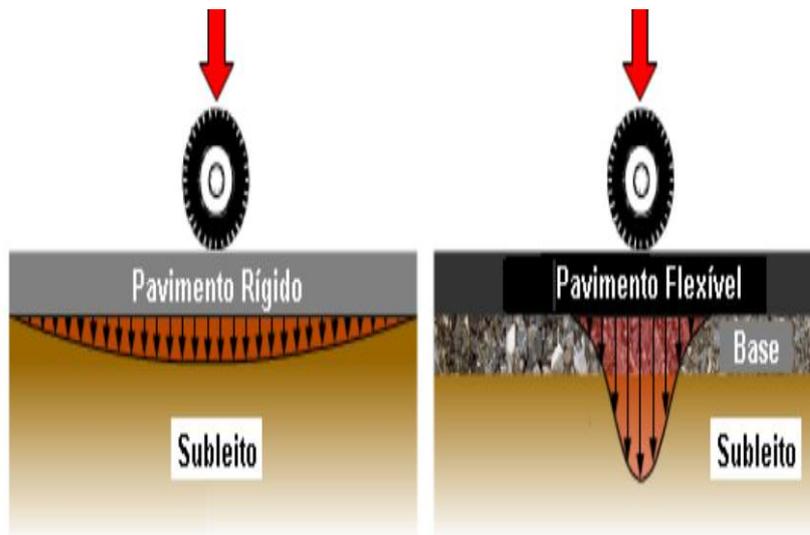
- Pavimento Flexível: aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob o carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhoso, revestida por uma camada asfáltica, é constituído principalmente de materiais betuminosos.

- Pavimento Rígido: aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

- Pavimento Semirrígido: caracteriza-se por uma base cimentada por algum aglutinante com propriedades cimentícias como, por exemplo, por uma camada de solo cimento revestida por uma camada asfáltica.

A Figura 1 demonstra o comportamento das camadas do pavimento flexível e rígido diante os esforços.

Figura 1 - Comportamento do pavimento.



Fonte: ARAÚJO (2016).

2.2 PATOLOGIAS NOS PAVIMENTOS

Azevedo (2011), conceitua patologia de forma precisa, mostrando que o termo tem maior empregabilidade na medicina e pode ser interpretada como a ciência que estuda e faz diagnósticos das doenças, investigando suas origens, seus sintomas, seus agentes causadores e seu mecanismo de ocorrência.

Entretanto, utilizando o termo patologia dentro da engenharia, compreende-se que esse termo não se difere do que propõe a medicina, pois também tem origem no tratamento dos problemas ocorridos, com o sentido de estudar as origens, formas de manifestações, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

As patologias dos pavimentos flexíveis têm uma certa diversidade e podem ser divididas em diferentes grupos, tal como os que se apresentam em seguida, de acordo com Branco et. Al. (2006):

- a) Deformações;
- b) Fendilhamento;
- c) Desagregação da camada de desgaste;
- d) Movimento de materiais.

As patologias podem ser classificadas em famílias, onde se dividem ainda em diversos tipos de degradações, segundo a Tabela 1 a seguir é possível analisar essa divisão.

Tabela 1 - Famílias e tipos de degradações.

Famílias de degradações	Tipos de degradações		
Deformações	Fissuração	- Longitudinal	- Eixo
		- Transversal	
	Deformações localizadas		
	Trincas		
	Plástica	- Grande raio (camadas inferiores) - Pequeno raio (camadas superiores)	
Fendilhamento	Fendas	- Fadiga	
		- Longitudinais	- Eixo
		- Transversais	
	Panela/Buraco	- Parabólicas	
Desagregação da camada de desgaste	Desagregação superficial Buracos		
Movimento de materiais	Exsudação		

Fonte: BRANCO (2006).

Em outras referências, como no DNIT (2006) mesmo o reparo realizado na camada de desgaste é considerado uma patologia, pois causa rupturas no adesivo e torna-se áreas sujeitas ao surgimento de novas degradações e patologias.

Se ocorrerem patologias nas rodovias e estradas, é necessário identificar e analisar os motivos de sua ocorrência, para que sua manutenção seja mais adequada para evitar que se repitam, ou pelo menos adiar. (FIGUEIREDO, 2011).

Após a identificação, o procedimento deve ser realizado utilizando métodos de preservação e manutenção que suportem o pavimento em termos de segurança, conforto e economia.

Desta forma, diversos tipos de danos e patologias podem ser estudados e analisados, segue nos próximos tópicos os mais usuais e ocorrentes nos pavimentos brasileiros.

2.2.1 Desgaste

Esse dano é originado por uma carga de tráfego repetida. Se o agregado é polido, a aderência do pneu do carro é significativamente diminuída. A partir de que uma junção de agregados, localizada na parte da unidade da superfície e a mesma for pequena, a textura da estrada não reduz substancialmente a velocidade do veículo. Este tipo de dano é detectado quando os dados do teste de resistência são baixos ou significativamente reduzido após a avaliação anterior (BARCA; NOGUEIRA, 2015).

Segundo Figueiredo (2011), podem considerar-se no grupo do desgaste as seguintes patologias:

- a) Rachaduras devido à fadiga das camadas ligadas devido ao movimento e endurecimento;
- b) Fissuras longitudinais que podem ocorrer no eixo ou no ressalto, provavelmente devido ao baixo acabamento superficial da camada superior ou difusão do sulco longitudinal da camada de base. Um sulco que se estende sobre o eixo pode ocorrer devido a ações de movimento, causando fadiga devido à flacidez, por exemplo, no caso de expansão;
- c) Fissuras transversais, que podem ocorrer devido à retração térmica da camada de desgaste e são comuns em no Brasil;
- d) Pele de crocodilo, que pode ocorrer em uma rede grande ou em uma rede restrita. Uma grande rede pode ser causada por espessura insuficiente ou fadiga das camadas devido à falta de poder de pavimentação ou devido à má qualidade de algumas camadas do pavimento. Uma rede fina pode surgir devido à baixa resistência do solo ou ao desenvolvimento de uma grande rede.

De acordo com Barca e Nogueira (2015), em termos de gravidade, o nível de gravidade não é determinado. No entanto, o grau de polimento deve ser significativamente alto antes de incluí-lo na avaliação da condição e ser considerado

um defeito. É medido em metros quadrados pela área afetada. Se considerarmos o defeito do exsudato, o polimento dos agregados não deve ser considerado.

Figura 2 - Desgaste em pavimento.



Fonte: BRASQUIMICAS (2003).

2.2.2 Desagregação

Segundo Barca e Nogueira (2015) a desagregação é a perda da superfície da estrada devido à perda de aglutinante de asfalto e partículas dos agregados soltos. Esse dano demonstra que o aglutinante da estrada está visivelmente endurecido ou que a mistura é de baixa qualidade. Além disso, as perdas podem ser causadas por certos tipos de tráfego, como os caminhões, que levam a um amolecimento da superfície e à perda de agregados devido a derramamentos de óleo.

De acordo com Figueiredo (2011), este tipo de degradação e patologia ocorre na superfície da rodovia/estrada. Dentro deste dano, as seguintes patologias podem ser consideradas:

- 1) Desagregação da superfície, que pode ocorrer quando o aglutinante e os agregados são separados. Isto é devido aos efeitos da água, produtos químicos ou agentes mecânicos. A desintegração também pode ser causada por endurecimento de ligações, defeitos estruturais ou degradação dos agregados;

2) A cabeça do gato, que é causada pela perda rápida do ligante, geralmente devido à má qualidade dos materiais e da mistura, o que leva a uma má conexão do arranjo do agregado betuminoso. Essa patologia também pode ocorrer em locais com alto tráfego, o que pode causar efeitos tangenciais muito altos;

3) Descamação, que tem a principal causa de uma fraca ligação da camada de desgaste com a camada inferior ou com uma espessura muito pequena da primeira camada;

4) Ninhos que derivam principalmente do desenvolvimento de outras patologias que levam à desagregação e ao aparecimento dos materiais e que podem ser o resultado de deficiências existentes em pontos localizados;

5) Diluição, que sempre ocorre quando o solo está rachado e a água penetra. Isso tende a se mover com a passagem de veículos, arrastando as sutilezas das camadas cruzadas;

6) Desintegração dos agregados, que se deve principalmente a problemas associados ao ligante, como a ausência de conexão entre os agregados e o ligante ou seu endurecimento, ou baixa dosagem. Essa patologia também pode surgir se houver uma abertura prematura do trânsito durante o tratamento superficial;

7) O polimento dos agregados, o que leva a uma perda da microestrutura da superfície da estrada, o que traz a uma redução no atrito da superfície da estrada do pneu e reduz a segurança dos usuários. O efeito do tráfego associado à baixa resistência ao polimento de agregados é a principal causa dessa patologia.

O nível de gravidade pode ser definido como (BARCA; NOGUEIRA, 2015):

a) A estrada começa a perder agregados ou aglutinantes. Em alguns locais, a superfície começa a aprofundar-se.

b) O Pavimento já perdeu alguns constituintes ou pastas. A textura da estrada é moderadamente grossa e com pequenos orifícios.

c) Perda significativa de agregado ou pastas. A textura da estrada é muito grossa e muito vazia. As áreas dos furos têm um diâmetro inferior a 10,0 mm e uma profundidade inferior a 13,0 mm.

Figura 3 - Rodovia com danos no acostamento devido a perda de agregados.



Fonte: BRASQUIMICAS (2003).

2.2.3 Exsudação

Segundo a definição do DNIT 005 (2003), a exsudação de um pavimento é quando ocorre o excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento. Sendo assim, de acordo com Souza (2015), a exsudação é um filme de asfalto na superfície da estrada que cria uma superfície brilhante, transparente e reflexiva que geralmente fica pegajosa. Isso é causado por um excesso de aglutinante ou um baixo conteúdo de poros no ar.

Isso ocorre quando o asfalto preenche a cavidade da mistura no momento que é aplicado em altas temperaturas do solo e depois se expande com a superfície da estrada. Como o procedimento de exsudação não é reversível em um clima frio, o asfalto se acumula na

De acordo com Figueiredo (2011), a exsudação ocorre em situações em que há excesso de ligante e aglutinante. Se esta redução excessiva de poros, geralmente associada a uma temperatura muito alta, ocorre uma migração na superfície do betume, o que leva a uma redução da estrutura da superfície da estrada.

O nível de gravidade pode ser definido como (BARCA; NOGUEIRA, 2015):

A exsudação acontece minimamente e é apenas alguns dias por ano. O pavimento não adere a sapatos ou veículos.

b) O asfalto adere somente a calçados e veículos por várias semanas por ano.

c) O asfalto adere a calçados e veículos por algumas semanas por ano.

Figura 4 - Exsudação ocorrido em pavimento rodoviário.



Fonte: BRASQUIMICAS (2003).

2.2.4 Fissuras

a) Fissuras por fadiga:

Rachaduras que formam uma continuidade de pequenos blocos se aparentam com jacarés. São determinadas como fissuras por desgaste, tem como constituição uma camada de asfalto após exposição repetida a um aumento na carga sobre o movimento (DOMINGUES, 1993).

As trincas iniciam no fundo da camada do pavimento, e as tensões e deformações em uma roda carregam uma tensão maior. Inicialmente, as ranhuras se expandiram como uma série de fissuras longitudinais paralelas à superfície. Após movimentos repetidos, as rachaduras se juntam formando polígonos angulosos, que formam um desenho semelhante ao padrão da pele de crocodilo. Em geral, a maior parte não excede 0,60 m (SOUZA, 2015).

De acordo com Barca e Nogueira (2015), a fadiga geralmente ocorre em áreas submetidas ao tráfego repetitivo, especialmente em pistas marcadas. Portanto, isso não pode acontecer em toda a região se o pavimento inteiro não estiver sujeito a

cargas gerais. Um modelo de fissuras criados em uma área descarregada é chamado de bloco cuja origem não está relacionada ao efeito de repetição. Esta falha é considerada um dano estrutural significativo, geralmente acompanhado por letargia

O nível de gravidade pode ser definido como (BARCA; NOGUEIRA, 2015):

a) Pequenas fendas capilares e longitudinais que ocorrem paralelas ou não estão conectadas entre si. As rachaduras não mostram a quebra do material ao longo dos lados da ranhura.

b) Desenvolvimento de trincas no plano L na forma de um modelo ou na rede que possa ser facilmente destacado.

c) Uma rede ou modelo que desenvolveu para tornar peças claramente definidas. Algumas partes podem se mover com a passagem de veículos.

Os danos são mensurados em metros quadrados da área afetada. A maior complexidade em medir tais danos é na maior parte das vezes há dois ou três níveis de gravidade na área próxima. Se essas partes puderem ser facilmente distinguidas, elas serão gravadas separadamente. Além disso, toda a área deve ser determinada no mais alto nível de gravidade.

Figura 5 - Fissura por fadiga de grande medida.



Fonte: VALENZUELA (2003).

b) Fissuras em blocos:

Descrição: As fissuras de blocos são fissuras interconectadas que dividem a estrada em partes retangulares. Os blocos podem ser de 0,30 m a 3,0 m x 0,3 m x 3,0 m. Isto é conseguido principalmente em concreto e asfalto, reduzindo através de ciclos diários de temperatura (SOUZA, 2015).

De acordo com Domingues (1993), a fissura não está relacionada ao estresse e carga em que o asfalto se tornou muito mais duro. Geralmente isso acontece em uma parte significativa do pavimento. Esse tipo de patologia é diferente das rachaduras por fadiga que, nesse caso, são peças muito menores, com mais ângulos e arestas vivas. Aliás, de forma contrária dos blocos, as trincas por fadiga são causadas por cargas de tráfego repetitivas e, como resultado, elas ocorrem apenas em áreas sob carga de veículos (pelo menos inicialmente).

O nível de gravidade pode ser definido como (BARCA; NOGUEIRA, 2015):

- a) Blocos determinados por fissuras de baixa gravidade.
- b) Blocos determinados pelas fendas de gravidade média.
- c) Blocos determinados por trincas de severidade alta.

As rachaduras são medidas em metros quadrados da área modificada. Como regra, eles só têm um grau de gravidade na seção da estrada. Entretanto, cada seção de gravidade diferente deve ser medida e armazenada separadamente.

Figura 6 - Trincas em blocos no pavimento.



Fonte: VALENZUELA (2003).

c) Fissuras por Reflexão:

De acordo com Domingues (1993), esse dano acontece somente em estradas de asfalto sobre uma laje de cimento Portland. Não contém fissuras no pavimento com outros tipos de substratos (por exemplo, estabilizados com cimento ou cal). Essas rachaduras são originadas por uma placa de cimento Portland causada por temperatura ou umidade, que é refletida na superfície no pavimento asfáltico. A patologia não está relacionada às cargas, porém as cargas nas estradas podem levar ao rasgo do asfalto próximo à fissura. Conhecer as dimensões da laje sob a superfície do cimento asfáltico ajuda a habituar-se a esses danos

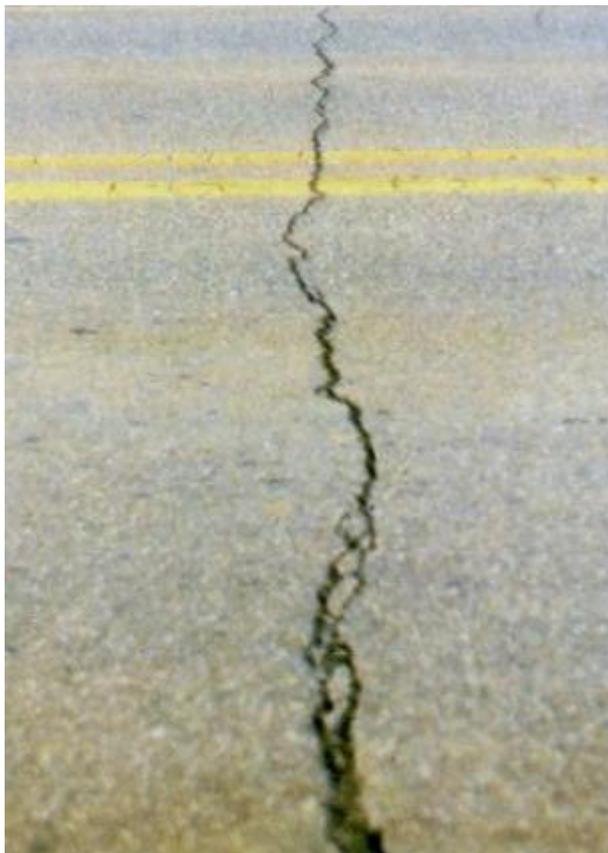
O nível de gravidade pode ser definido como (BARCA; NOGUEIRA, 2015):

- a) Devido à baixa gravidade, as seguintes condições são atendidas:
 - Fissura sem preenchimento menor que 10,0 mm;
 - Fissura total em cada largura.

- b) Para gravidade média, aplicam-se as seguintes condições:
 - A ranhura gira entre 10,0 e 76,0 mm.
 - Rachaduras até 76,0 mm de largura, rodeadas por fissuras irregulares.
 - Uma rachadura de qualquer largura cercada por fendas irregulares.

- c) Para um alto grau de gravidade, as seguintes condições são atendidas:
 - Quaisquer rachaduras ou fissuras cercadas por rachaduras irregulares de gravidade média ou alta.
 - Fissuras não preenchidas maiores que 76,0 mm.
 - Uma rachadura de qualquer largura e a estrada ao redor estão gravemente quebradas.

Figura 7 - Trinca por reflexão.



Fonte: BRASQUIMICAS (2003).

2.2.5 Painéis e ou Buracos

Os sulcos são pequenas deformações na superfície da estrada, usualmente com um diâmetro menor que 0,90 m no formato de uma taça. Geralmente, eles têm arredores afiados e laterais na vertical próximo a superfície. O aumento dos vazios é justificado pelo amontoamento de água. A deterioração da estrada, e expansão alcançada graças às sutis misturas fracas ou superfície base subjacente, ou para condição de rachadura por fadiga com um alto grau de severidade. Os buracos são frequentemente relacionados a danos na estrutura e não devem ser associados com desagregação ou desgaste. Se os sulcos forem feitos devido a fortes trincas de desgaste, eles devem ser gravados como painéis em vez de desgastados (VALENZUELA, 2003).

O nível de gravidade pode ser definido como (BARCA; NOGUEIRA, 2015):

Tabela 2 - Níveis de severidade de acordo com profundidade e diâmetro dos buracos.

Profundidade máxima	Diâmetro médio		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12,7 a 25,4 mm	Severidade Baixa	Severidade Baixa	Severidade Média
> 25,4 a 50,8 mm	Severidade Baixa	Severidade Média	Severidade Alta
> 59,8 mm	Severidade Média	Severidade Média	Severidade Alta

Fonte: VALENZUELA (2003).

Os buracos são verificados por unidades classificando se são baixas, média e alta profundidade, de forma separada.

Figura 8 - Buraco em pavimento de seriedade média.



Fonte: BRASQUIMICAS (2003).

2.2.6 Deformação plástica

Segundo Domingues (1993), deformação plástica, consistindo de um sulco na superfície da estrada em influência dos pneus. Eventualmente o pavimento pode ser levantado, com relação às partes laterais da depressão, porém na maioria dos acontecimentos, esta ocorrência será claro somente após a chuva, quando as faixas estão com água. Isso pode ser o resultado da imersão em uma das camadas do pavimento, que usualmente é causada por uma concretização ou movimento lateral dos agregados devido ao estresse. O grave colapso da severidade pode ocasionar a imperfeições estruturais na superfície da estrada.

O nível de gravidade pode ser definido como (BARCA; NOGUEIRA, 2015):

Tabela 3 – Gravidade segundo a profundidade das deformações.

Profundidade Média (mm)	Severidade
6,0 a 13,0	Baixa
13,0 a 25,0	Média
Maior que 25,0	Alta

Fonte: BARCA e NOGUEIRA (2015).

A deformação é mensurada em metros quadrados da área atingida e sua espessura é determinada pela profundidade média do sulco. A profundidade média é realizada posicionando a régua perpendicular à sua direção e medindo a profundidade.

Figura 9 - Deformação plástica no pavimento.



Fonte: BRASQUIMICAS (2003).

2.3 CONSERVAÇÃO DO PAVIMENTO

Conservação do pavimento é um trabalho de rotina para manter o pavimento o mais próximo possível do seu estado imediato sob condições normais de construção e movimento (CASTRO, 2009).

Segundo o DNIT (2005), a conservação de rodovias inclui uma série de operações de rotina, regulares e de emergência para manter as características técnicas, estruturais e operacionais do sistema viário e das instalações fixas dentro dos padrões de um determinado serviço.

Trabalhos atuais na conservação de pavimentos são a realização de manutenções em acostamentos de estradas, calçadas, cruzamentos, separadores, conservação de encostas, bem como conservação de obras de arte, proteção ambiental e segurança (EP, 2011).

As medidas para a conservação das estradas são medidas que visam restaurar a qualidade funcional e estrutural do pavimento no decorrer de sua vida. Salvar rodovias/estradas envolve a execução de um ou mais níveis em uma superfície existente. Tipicamente, as camadas consistem em uma mistura de agregados naturais e ligantes betuminosos (BRANCO et al, 2006).

O limiar de conservação é o sucessor de diferentes classificações, dependendo da natureza das medidas tomadas, que dependem das condições da rodovia e da natureza da condição a ser tratada.

Três tipos de conservação dos pavimentos são geralmente aceitos, segundo Castro (2009):

- a) Conservação preventiva
- b) Conservação corretiva
- c) Conservação emergencial

2.3.1 Conservação Preventiva

A conservação preventiva é a aplicação de um tratamento adequado, quando a aparência de um defeito começa evitando ou diminuindo o seu aparecimento (CASTRO, 2009).

Segundo o *Lead State Team on Pavement Preservation* da AASHTO: A conservação preventiva envolve o tratamento da correção no momento certo. A conservação preventiva corresponde às ações efetuadas com a finalidade de evitar o desenvolvimento de patologias (FIGUEIREDO, 2011).

A conservação preventiva é utilizada para os seguintes fins:

- a) Deter a menor deterioração que surja no pavimento;
- b) Retardar rupturas progressivas;
- c) Reduzir a necessidade de conservação corretiva.

Isso é feito antes que o revestimento tenha defeitos significativos para alcançar maior eficiência de revestimento. Se as deficiências encontradas na superfície da estrada são devidas a deficiências estruturais, a conservação preventiva é ineficiente e, neste caso, um programa de reabilitação ou reconstrução deve ser planejado (CASTRO, 2009).

Normalmente este tipo de conservação consiste em realizar reparações locais ou tratamentos superficiais da superfície da estrada. Os métodos utilizados são projetados para retornar à superfície da estrada, com regularidade e falta de compactação, as camadas internas do solo impedem a água de atingir e enfrentar uma patologia mais grave que pode levar à destruição estrutural (LNEC, 2005).

2.3.2 Conservação Corretiva

De acordo com Castro (2009), a conservação corretiva ou de rotina é realizado após o aparecimento de defeitos na via, ou seja, perda de atrito, sulco moderado ou pronunciado ou número excessivo de fissuras. Os serviços e procedimentos utilizados na superfície dos pavimentos são os mesmos da conservação preventiva e corretiva. Quando eles são usados, eles determinam se eles são preventivos ou corretivos.

Quando as patologias existentes são corrigidas, é possível usar métodos que se adaptam ao grupo de armazenamento corretivo. Exemplos desse tipo de efeito de conservação trocam as propriedades de fricção do piso com o nível da camada resistente ao desgaste, no qual a reparação de furos ou painéis, a remoção de superfícies se quebram, entre outros. (LNEC, 2005).

O DNIT (2005), explica que as operações de conservação corretiva ou rotineira possuem o intuito de reparar ou ausentar determinada patologia e restabelecer o funcionamento dos elementos da estrada, influenciando conforto e segurança aos usuários.

Enquanto que prática periódica, o órgão de transporte, explana que as operações realizadas periodicamente evitam o surgimento e ou agravamento das patologias, descrevendo-se como atividades necessárias durante o ano onde a frequência de realização depende do trânsito, topografia e clima (DNIT, 2005).

No programa de resgate, esse tipo de conservação é necessário; no entanto, é necessário evitar medidas preventivas para adiar a conservação corretiva, que é muito cara.

2.3.3 Conservação Emergencial

Esse tipo de conservação é realizado na presença de patologias que exigem reparo rápido de danos e inconvenientes que os usuários das estradas podem causar (YILDIRIM et al, 2006).

Em geral, as patologias e deteriorações são exacerbadas pela baixa densidade de camadas e má qualidade dos materiais. Quando ocorre uma deterioração excessiva das patologias, o chamado serviço de emergência é aplicado. Nestes casos, intervenções aleatórias são realizadas na superfície da estrada, uma vez que o estado de produção avançada não permite o uso da estrada para retardar ainda mais as medidas de conservação (FIGUEREIDO, 2011).

Quando defeitos no pavimento atingem uma intensidade muito alta, a restauração ou reconstrução é necessária. Embora este não seja um serviço corretivo que ocorre para mitigar o estado instável do pavimento, ele é classificado como uma emergência (CASTRO, 2009).

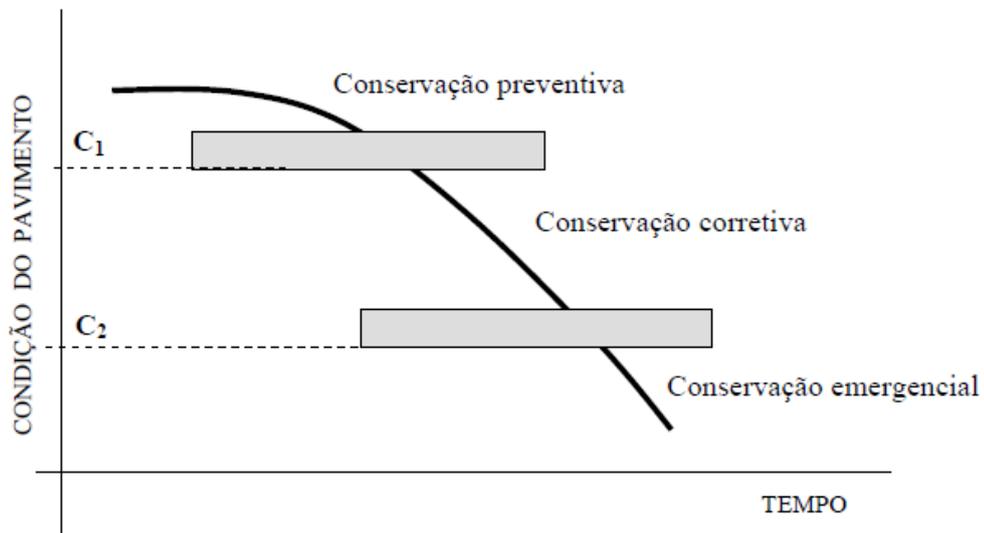
A conservação de emergência inclui intervenções temporárias de uso da estrada, especialmente em situações em que é difícil interromper o ciclo. Nestes casos, ações são tomadas para retardar o desenvolvimento da degradação até a conclusão dos reparos finais (FIGUEREIDO, 2011). Os métodos utilizados dependem da natureza e gravidade da condição, do custo do procedimento, do tempo de conclusão e do material selecionado para reparo.

2.3.4 Apreciação dos Tipos de Conservação

Com o fim da vida útil do terreno e o aumento das necessidades de tráfego, o estado da qualidade da estrada vai diminuindo como demonstrado no Figura 10.

A conservação preventiva é utilizada até o alcance C1 da estrada. Deste ponto em diante, a única forma de preservação da superfície da estrada é rotineira ou conservadora até que o C2 seja baixo. A partir deste momento, é necessário um novo registro ou uma nova reconstrução. Até que isso não aconteça, tenta-se reduzir os transtornos inconvenientes dos danos que realizando um serviço de emergência.

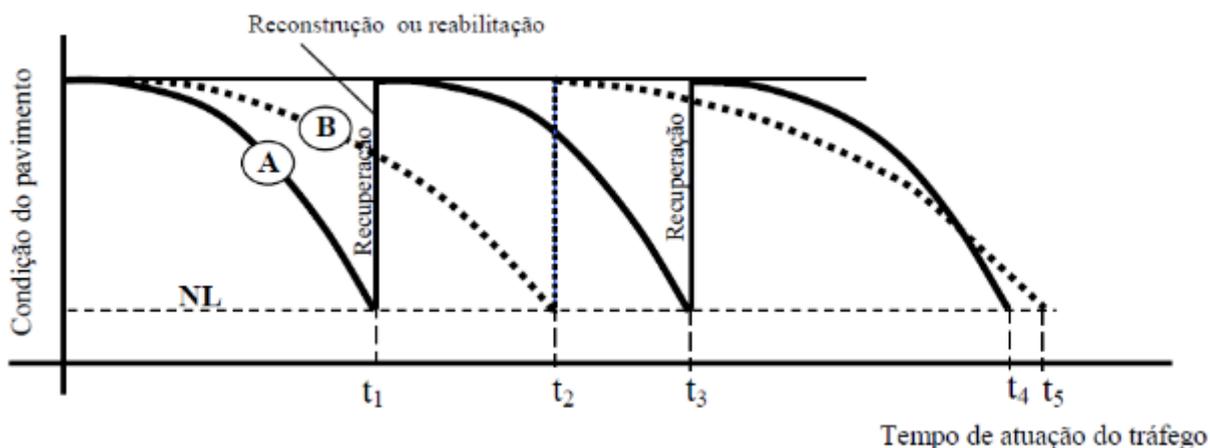
Figura 10 - Capacidade do pavimento de acordo com o tempo.



Fonte: CASTRO, 2009.

A diminuição da condição de capacidade do pavimento encurta com o tempo, mais devagar, quando se usa a Conservação Preventiva, Curva B da Figura 11.

Figura 11 - Qualidade do pavimento a partir da recuperação e ao passar do tempo.



Fonte: CASTRO (2009).

Esta diminuição da qualidade é mais graduada quando não é realizada a conservação preventiva, mas apenas a conservação de rotina ou corretiva, curva A da Figura 11.

Aliás, o preço da manutenção preventiva é inferior que o preço dos reparos. As condições da estrada caem conservação prévia para o nível de limiar NL, requer remodelação ou reconstrução no tempo t_1 , curva A na Figura 11.

2.3.5 Métodos de Conservação e suas Aplicações

Vários métodos são usados para esses os tipos de conservação, que podem incluir intervenções específicas, como pontos de reparo, vedação de fissuras individuais e fresamento local. Métodos contínuos de conservação aplicam-se a toda a superfície do pavimento e servem para restaurar a superfície da estrada e ou evitar a degradação.

Para o tratamento de degradações e patologias localizadas, os métodos atuais de conservação são geralmente aplicados ao longo do tempo. Essas medidas consistem, por exemplo, na vedação de fissuras no desempenho de reparos pontuais ou no reparo individual de degradações (FIGUEIREDO, 2011).

Correspondem à classificação de métodos de conservação contínua, como tratamento de superfície. Eles são projetados para restaurar algumas funções de pavimentação perdidas ou atrasar a degradação progressiva do processo ou é usado para preencher trincas, para habilitar superfícies impregnadas (E. P., 2009).

Métodos de conservação contínuos e delicados são baseados em tratamentos de superfície. Os tratamentos podem ser de diferentes tipos e são feitos de materiais diferentes. Revestimentos de superfícies betuminosas e lama de asfalto são exemplos de métodos gerais de conservação contínua (FIGUEIREDO, 2011).

a) Revestimentos Superficiais Betuminosos:

Um revestimento de superfície consiste em uma ou mais operações para liberar um aglomerante na superfície, seguido por uma ou mais operações de liberação para melhorar principalmente as propriedades de superfície do solo (Inteval, 2009).

O lançamento do agregado deve ser efetuado mecanicamente com autogravilhadores (espalhadores de gravilha com motor) ou com gravilhadores ligados às rodas do caminhão, após lançar o ligante, de forma a que a distribuição dos materiais seja uniforme e regular (E.P, 2010).

A aplicação do ligante, em geral na forma de emulsão betuminosa, (E.P, 2011), poderá ser executado recorrendo a um caminhão munido de uma cisterna de rega equipada com barra de espalhamento com pulverizadores, tal como o que se mostra na Figura 12. Algum equipamento mais completo permite realizar a execução do espalhamento do aglutinante e do agregado numa única execução.

Figura 12 - Espalhamento de ligante com caminhão cisterna.



Fonte: IME (2008).

É geralmente aceito que este método representa a melhor relação benefício / custo para restaurar a impermeabilidade e / ou aspereza da camada de desgaste. Os revestimentos também melhoram as propriedades antiderrapantes, reduzem as projeções na água do pneu em caso de chuva e impedem a penetração de água na superfície da estrada, aumentando a eficiência (USIRF, 2006).

b) Lama Asfáltica:

A lama de asfalto tem uma composição semelhante à do revestimento da superfície betuminosa, sendo a principal diferença o tamanho dos agregados utilizados. Na lama do asfalto, seu tamanho é pequeno, já que a maioria das dimensões do agregado é inferior a 2 mm (BRANCO, 2006), portanto essa mistura é semelhante a um aglutinante betuminoso.

Este método é usado principalmente na vedação de fendas para torná-lo impermeável e pode ser usado no tratamento preliminar de revestimentos disruptivos e aplicar antes de instalar a interface contra fissuras para evitar a propagação e para reforçar as camadas do pavimento (FIGUEIREDO, 2011).

Este método é pouco usual porque a rugosidade da superfície obtida por este pavimento de processamento, tanto em macro como em microestrutura é boas condições de baixa aderência entre o pneu e o revestimento, especialmente no revestimento úmido que não pode ser garantido (FIGUEIREDO, 2011).

c) Pinturas asfálticas leves (*Fog-seal*)

O uso da pintura asfáltica da rodovia/estrada justifica-se se for desejável a utilização de camada de desgaste resistente à água, melhorar a adesão da agregação das partículas do veículo e a homogeneidade da superfície da estrada, ou aumentar a visibilidade da rodovia das marcas (FIGUEIREDO, 2011).

Para usar esse método, a camada de desgaste deve ser estável. O aplique deve ser com cuidado ou no vácuo para remover sujeira ou outros materiais soltos (E.P, 2010).

O aglutinante usado na mistura deve ser uma emulsão betuminosa catiônica, com rápida decomposição e baixa viscosidade (E.P., 2010). Após a instalação dos sinais, a limpeza da estrada começa com uma vassoura mecânica e um jato de ar.

A liberação da emulsão deve ser realizada utilizando um jato de spray com tanque de tratamento de água, no qual é necessário garantir uma distribuição uniforme, sem erros ou sobreposições (E.P, 2010).

Após a colocação do aglutinante betuminoso, a área tratada é limpa e o material excedente é coletado na posição apropriada. Assim que o trabalho estiver concluído, os sinais serão apagados e o movimento será aberto assim que a superfície permitir.

d) Outros Métodos de Conservação

Existem diversos outros métodos de conservação do pavimento, segundo Castro (2009), nestes casos o processo tem em geral, um custo superior, por ter maior consumo de energia, exigindo também equipamentos de execução mais complexos.

1) Micro revestimento: é a conjunto de uns constituintes asfálticos alterados com um polímero, agregados minerais, aditivo mineral, água e outros constituintes que são devidamente fornecidos, misturados e utilizados à superfície com a compacidade de lodo.

2) Capa selante (seal coat): é um método de superfície simples e quando o substrato é aplicado ao filme superficial do pavimento e depois agregados revestidos e laminados. Ele é usado para vedar a superfície da estrada e aumentar a fricção da superfície, além de ser geralmente usada como uma superfície resistente ao desgaste em pavimentos com uma pequena quantidade de movimento

3) Recapeamento com mistura asfáltica a quente (HMA): a mistura de HMA é de alta qualificação, feita de agregados de concreto asfáltico para formar uma mistura de alta qualidade e homogeneamente espessa. Ele é usado para restaurar a estrada, a fim de eliminar as deformações da superfície e constitui um suporte estrutural para a pavimento.

4) Fresagem: É determinada na prática de remover pedaços do pavimento asfáltico e sua superfície, resultado do procedimento de operação do aparelhamento denominado como Fresadoras. É usada para remover constituintes dos pavimentos.

5) Vedação de Fissuras: Durante o método de conservação, um material específico (geralmente asfalto) é colocado nas "fissuras em atividade" para então diminuir a colocação de constituintes de compressão nas juntas e preservar com que a água entre nas camadas inferiores do asfalto.

A aplicação dos métodos de conservação pode ser de acordo com algumas patologias ou danos ocorridos no pavimento, como segue na tabela abaixo:

Tabela 4 - Possíveis tratamentos de conservação preventiva para vários tipos de danos nos pavimentos.

DEFEITOS DO PAVIMENTO	Selagem de trincas	Pintura asfáltica leve (Fog Sial)	Micro revestimento	Lama asfáltica	Capa selante (Tratamento superficial simples)	Recapeamento finom	Fresagem
Rugosidade superficial Sem problemas de estabilidade Com problemas de estabilidade			X			X X	X
Sulcos			X			X	
Trincas de fadiga		X	X	X	X	X	
Trincas transversais e longitudinais	X		X	X	X	X	
Exsudação			X		X		X
Desagregação		X	X	X	X		

Fonte: CASTRO (2009).

2.4 MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS

Conforme DNIT (Brasil, 2005), a restauração é mais uma experiência empírica do que uma ciência. Uma medida adequada de restauração deve ser baseada em uma série de procedimentos analíticos e critérios de engenharia. O processo analítico é facilitado pela utilização de um enfoque lógico e sequencial, cujos fundamentos são baseados na necessidade de:

- a) Determinar as causas dos defeitos dos pavimentos;
- b) Encontrar uma lista de soluções possíveis que apropriadamente atendam o problema;

- c) Devido restrições econômicas ou outras de projeto, identificar a adequada medida de Restauração.

A manutenção do pavimento, em sua abrangência mais ampla, envolve o desenvolvimento de um conjunto de atividades, destinadas a manter ou elevar, a níveis desejáveis homogêneos e de acordo com os preceitos básicos mencionados, o desempenho da rodovia. Tal conjunto de atividades deverá considerar e contemplar todos sistemas competentes (BRASIL, 2005).

Desta forma, segundo Quirino (2013), a manutenção das estradas e rodovias são um conjunto de medidas que visa manter ou melhorar as características de desempenho geral no nível desejado e uniforme, levando em conta todos os componentes do pavimento.

De acordo com Balbo (2007), os materiais de construção durante a sua vida, inevitavelmente, têm processos nocivos e deterioração (degradação), que gradualmente produzem uma mudança em suas propriedades mecânicas, ou seja, o comportamento sob a ação de natureza diferente. Este fato se reflete nos materiais das superfícies das estradas e sua degradação é causada por um grande número de veículos, produtos químicos e fatores ambientais, como temperatura, umidade, etc.

Nesse contexto, o DNIT (2006), para fins de padronização da terminologia de serviços, apresenta algumas definições das principais atividades e problemas típicos de manutenção:

- a) Conservação: uma série de ações preventivas ou corretivas destinadas a manter as características técnicas e operacionais da rodovia até que tais operações se tornem economicamente viáveis.

- b) Remendos: uma série de operações para a regulação de danos de exposição específicos em que o grau de revestimento betuminoso é produzido e, em alguns casos extremos, atinge fissuras na camada de base. Essas operações são bem definidas e pequenas.

- c) Recuperação superficial (recargas): utilizadas para corrigir uma variedade de defeitos em operações de superfície, tais como rachaduras, deterioração, rugosidade, abrasão, polimento e possivelmente até pequenos defeitos na geometria da estrada transversal. São camadas de revestimento com pequena espessura (cerca de 2,5 cm) e, portanto, não possuem efeito estrutural.

d) Reforço estrutural: trata-se de uma série de medidas destinadas principalmente a aumentar a capacidade de carga da superfície da estrada. Essa tarefa geralmente é obtida pela imposição de um ou mais níveis, que também respondem corrigindo os defeitos superficiais existentes (degradação e deformação).

e) Restauração: uma série de medidas destinadas a restaurar o correto funcionamento do pavimento. O desenvolvimento, em regra, substituindo e / ou reconfigurando um ou mais níveis existentes, integra outros que fornecem uma boa capacidade estrutural para contribuir para um piso danificado ou quebrado e determinar completamente sua natureza original.

f) Melhoramentos: é uma série de processos que adicionam novas propriedades ou modificam as propriedades de pavimentos existentes.

g) Ações emergenciais: ações em circunstâncias excepcionais que devem ser tomadas e que têm circunstâncias imprevistas - com o propósito de perigo real ou potencial para a vida das pessoas ou para a liquidação de bens públicos ou o estabelecimento de condições mínimas e não para o tráfego em a estrada, interrompida ou diretamente devido a sinais de ruína e / ou colapso repentino.

2.4.1 Procedimento para Manutenção do Pavimento

A primeira etapa é identificar, e estabelecer a condição do pavimento, por meio de coleta de dados e avaliação suficiente de informação sobre o pavimento para apropriadamente compreender a situação e impedir que o problema seja definido de maneira imprecisa. DNIT (Brasil, 2005).

Segundo DNIT (Brasil, 2005), a coleta substancial de informações do tipo: condição do pavimento, perfil estrutural, dados geométricos da via, propriedades dos solos e dos materiais de construção, solicitação do tráfego (volumes e carga), condição climática, de drenagem e de segurança.

As causas e a extensão da deterioração são determinadas pela avaliação dos dados, sendo que o sucesso da Restauração está vinculado ao estado atual do pavimento. O conhecimento das causas prováveis, mecanismos de ocorrência e progressão dos defeitos são variáveis para que se possam entender as origens da deterioração do pavimento. DNIT (Brasil, 2005).

Conforme DNIT (Brasil, 2005), na fase de definição do problema em um projeto de Restauração devem ser identificadas as restrições, pois afetam na escolha da

alternativa para o projeto de Restauração. Recursos financeiros limitados, vida útil de projeto, dificuldades com a geometria da via, controle de tráfego, dimensionamento mínimo das obras de arte especiais, disponibilidade de materiais e equipamentos, mão de obra especializada e o programa do órgão rodoviário para a rede.

2.4.2 Identificação das Técnicas para Solução

Identificar as soluções priorizando as que são tecnicamente executáveis na resolução do problema de deterioração do pavimento, sendo consideradas viáveis aquelas que atendem as restrições do projeto de Restauração do pavimento. Após a seleção das soluções viáveis, devem ser desenvolvidos estudos de pré-dimensionamento com espessuras aproximadas de recapeamento e ou quantitativos de serviços com estimativas de custos (MIRANDOLA, 2016).

Os projetos de Restauração requerem mais especialização técnica quando comparados a um projeto de pavimento novo. As soluções devem atender as causas de deterioração e serem eficientes no reparo e prevenção ao reaparecimento dos defeitos. DNIT (Brasil, 2005).

Conforme o manual de restauração de pavimentos asfálticos do DNIT (Brasil, 2005) não existe solução adequada, mas pode-se definir uma solução embasada em critérios técnicos de engenharia, criatividade e flexibilidade. Um procedimento poderia ser o que considera soluções monetárias e não monetárias. De acordo com Mirandola (2016), esta fase de solução adequada é constituída pelas etapas:

a) Avaliação econômica: Critério relevante na escolha para a solução entre as alternativas de Restauração. Para o ciclo de vida do pavimento são necessárias nesta avaliação as informações de custo. Os dados informados na análise de custo do ciclo de vida do pavimento são importantes quando identificados corretamente devido ao grau de incerteza relacionado entre custos e deterioração do pavimento. Esta incerteza é minimizada com a coleta de dados de desempenho de medidas de restauração disponibilizadas em um banco de dados. Fatores não monetários como vida de serviço, duração da construção, problemas de controle de tráfego, facilidade de construção ou conservação devem ser considerados na escolha da adequada medida de Restauração.

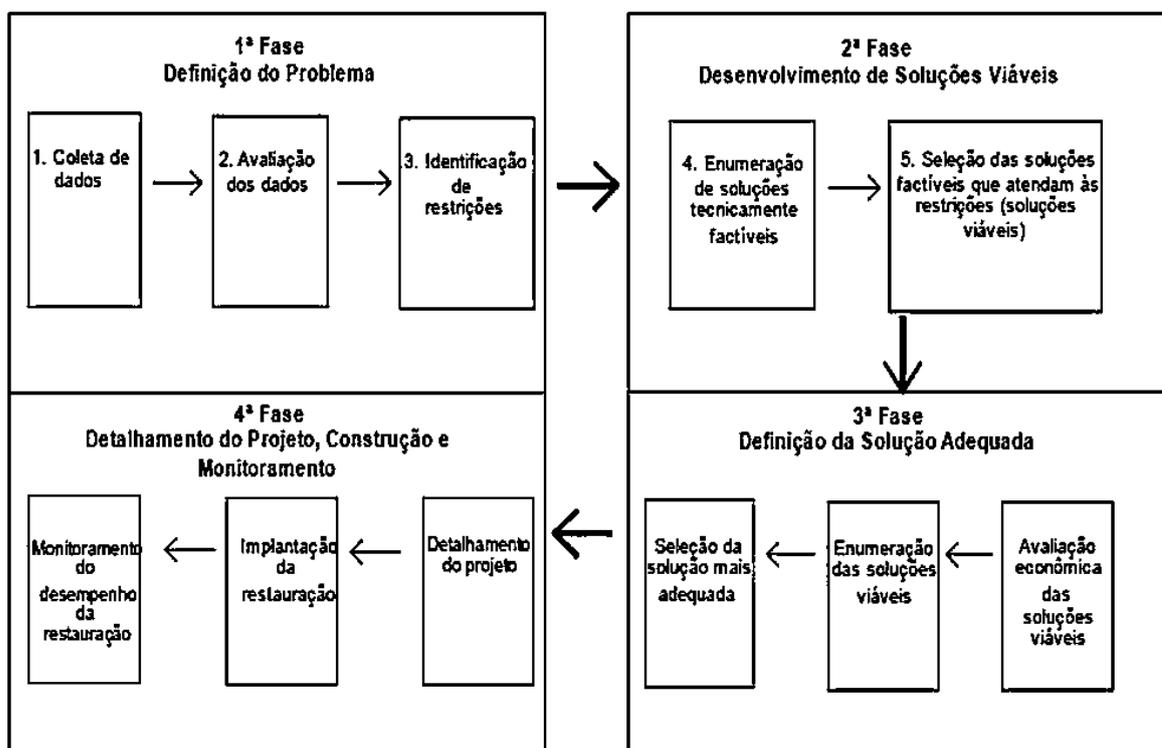
b) Seleção da alternativa mais adequada: Esta seleção priorizará fatores monetários e, posteriormente, os não monetários. Os fatores não monetários podem ser utilizados quando para as alternativas exequíveis não ficar evidente a vantagem na avaliação econômica.

2.4.3 Projeto, Planejamento e Execução

Definido um método de Restauração, parte-se para execução de projeto, especificações e orçamentos. É o momento de análise, portanto, a solução mais eficiente em custo e projeto deve ser almejada com afinco e a reinvestigação deve ocorrer se a solução encontrada não for a mais eficiente em custo. O acompanhamento do desempenho dos pavimentos é importante para as correções das deficiências, sendo que esta revisão continua permite a melhora nos próximos projetos (MIRANDOLA, 2016).

Na gerência de pavimentos ou de manutenção, o conjunto de defeitos de um dado trecho pode ser resumido por índices que auxiliem na hierarquização de necessidades e alternativas de intervenção. DNIT (Brasil, 2005).

Figura 13 - Diagrama para realização da manutenção de pavimentos.



Fonte: Adaptação DNIT (2005).

2.4.4 Soluções para Reabilitação de Pavimentos

Os pavimentos não são concebidos para durarem eternamente, mas apenas para um determinado período. Se após o término de tal período for conferido um novo aporte estrutural adequado, o pavimento estará apto a cumprir um novo período e, assim, sucessivamente (BRASIL, 2005). Desta forma, se faz necessária a manutenção das estradas e rodovias, implicando na sua utilização e regulando o seu tempo de vida útil para a maior possibilidade possível.

Com a conservação rotineira adequada, mais a execução do reforço estrutural do pavimento, devida e oportunamente projetado e executado, uma rodovia pavimentada nunca se deteriorará até chegar ao mau estado, quando é necessária a restauração ou mesmo a reconstrução do pavimento (BRASIL, 2005). Porém, em alguns momentos o pavimento chega a estar em situações de nível de degradação e deterioração muito altos, o que impõe danos sobre a sua estrutura e utilização, e determina que as técnicas de conservação não são mais indicadas, para originar o uso regular do pavimento.

O pavimento vai então perdendo em qualidade e, a partir de um determinado ponto “será obrigatória” a execução de adequada e mais onerosa restauração. Por outro lado, quando vier a ser executada a solução definitiva, esta forçosamente exigirá serviços de maior vulto (eventualmente com recuperação das camadas remanescentes) e com seus respectivos custos situados em patamares mais altos (BRASIL, 2005).

As técnicas e práticas para a reabilitação do pavimento em determinadas situações são necessárias mesmo por terem custos onerosos e demandarem uma quantidade maior de material conseguem realizar a reabilitação e estruturação total do pavimento a ser utilizado.

a) Recapeamento:

A técnica de reabilitação de pavimentos de recapeamento é usada para eliminar defeitos na superfície do pavimento, relacionados ao conforto de condução e resistência ao escorregamento. O tipo mais comum deste tipo de solução é a produção de misturas asfálticas a quente com base em asfalto puro ou modificado. A espessura da camada da capa varia de 25 mm a 200 mm (RODRIGUEZ, 2004).

Pode ser realizado um método de recapeamento do asfalto anti-fissura neste caso a superfície, tratamento de superfície pode ser completado com várias medidas de proteção, anteriores a retardar a propagação de fissuras na superfície da estrada, que de acordo com Robles (2009), utiliza-se os materiais:

- 1) Geossintéticos: geotêxteis e geomalhas são os mais eficazes quando se deslocam entre pequenas fissuras.
- 2) SAMI (Membrana de Camada Média que Absorve a Tensão): micro revestimento frio formado por asfalto modificado por polímero, seguido de um novo revestimento.
- 3) Fibras de fissuras elevadas: asfalto muito poroso e a mistura de gases de escape quente que retardam a fissura devido à sua elevada percentagem de ar aprisionado. O tamanho máximo de enchimento é de 37 a 76 mm.

Figura 14 - Recapeamento.



Fonte: ROBLER (2009).

b) Remendos:

O remendamento pode ser profundo ou simplesmente precisar da mistura das camadas de asfalto (BARCA; NOGUEIRA, 2015). Os passos, para reparação do pavimento são os seguintes:

- 1) Limpeza e preparação da área danificada;
- 2) Aplicar um aglutinante de asfalto nas paredes da caixa;
- 3) Colocação e compactação de materiais;
- 4) Remendo com sobressalto de 3 a 6 mm.

Os materiais utilizados nessas atividades podem ser pré-fabricados. Podem ser utilizadas misturas betuminosas prensadas a frio prontas a usar, que são vendidas em pequenas embalagens para utilização posterior. As misturas geralmente consistem em agregados e emulsões betuminosas que podem ser feitas com betume modificado com produtos específicos (FIGUEIREDO, 2011).

Alguns autores dão uma distância de 15 cm entre a borda da patologia e o corte (DLC 2004), indicando uma distância adicional de 30 cm (ISCYC, 2006). É importante garantir que todas as partes do material sejam completamente removidas com sinais de deterioração.

Um material colante é aplicado à superfície da cavidade, que é realizada no pavimento. A mistura é posicionada para maior compactação. Se a profundidade de reparo for alta, o selo deve estar em camadas da ordem de 10 cm (DLC, 2004).

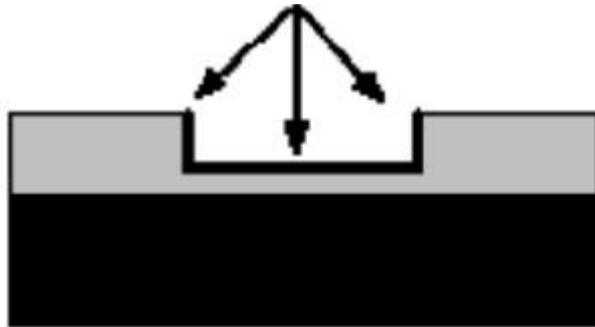
Pode ser necessário restaurar a camada inferior do piso, pois pode ser danificado. Durante a reconstrução da camada de base, são usados solos selecionados ou materiais granulados no solo que podem ser estabilizados (E.P, 2010).

Figura 15 - Limpeza e realização da caixa.



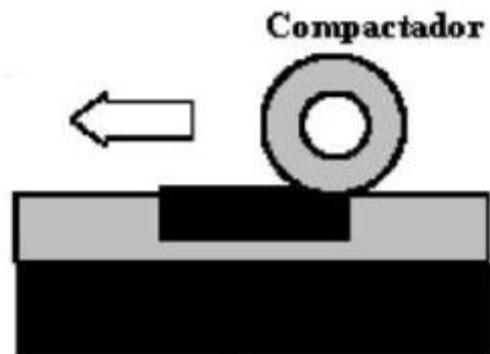
Fonte: RODRIGUEZ (2004).

Figura 16 - Colocação de material.



Fonte: RODRIGUEZ (2004).

Figura 17 - Compactação.



Fonte: RODRIGUEZ (2004).

Figura 18 - Remendo.



Fonte: RODRIGUEZ (2004).

c) Fresagem:

A técnica da fresagem persiste na remoção da camada superficial de asfalto com equipamento especial. Usualmente é combinado com a colocação de um novo revestimento de asfalto. O material moído é reciclado e pode ser usado na produção de novas misturas asfálticas a quente (BARCA; NOGUEIRA, 2015).

Esta técnica permite corrigir defeitos localizados do pavimento como, por exemplo, assentamentos e ou fendilhamento em malha (FIGUEIREDO, 2011).

O equipamento necessário para a reparação antes da fresagem localizada é um carregador, equipamento de limpeza (vassoura mecânica, aspirador), um cilindro ou uma placa vibratória, um caminhão, equipamento de irrigação para a aplicação da emulsão betuminosa e uma fresadora (FIGUEIREDO, 2011).

Figura 19 -Equipamento de fresagem.



Fonte: BARCA e NOGUEIRA (2015).

Figura 20 - Área fresada.



Fonte: BARCA e NOGUEIRA (2015).

Figura 21 - Material reciclado fresado.



Fonte: BARCA e NOGUEIRA (2015).

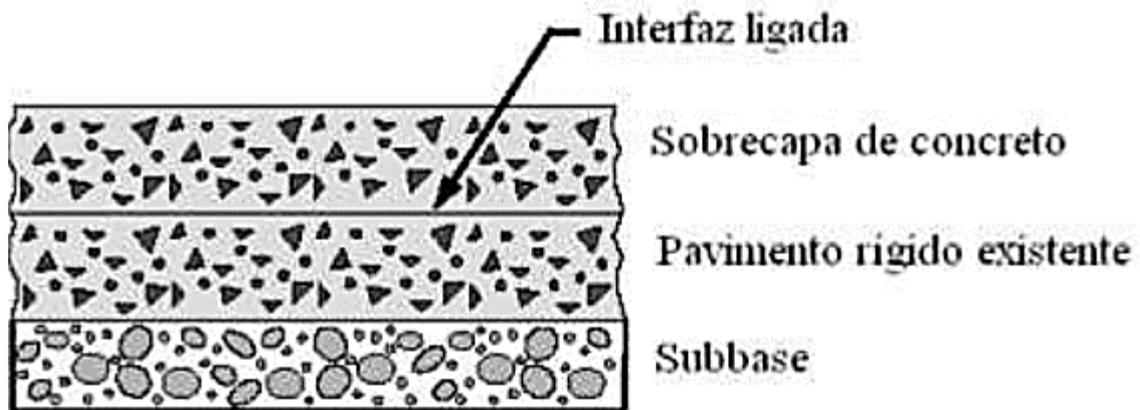
d) Sobrecapa de Concreto

É uma técnica utilizada para pavimentos rígidos, podendo ser aderida ou não aderida. De acordo com Rodriguez (2004), as diferenças entre essas definições são:

1) Concreto aderido: Otimiza a propriedade estrutural e melhora as condições da estrada; necessita de uma preparação cuidadosa da superfície para garantir a aderência entre as camadas.

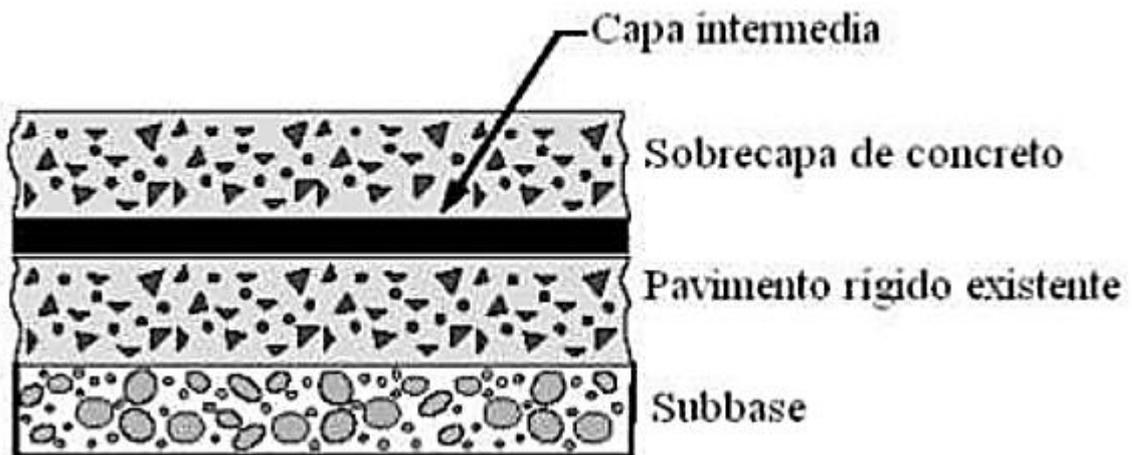
2) Concreto não aderido: Seu objetivo é implementar a capacidade estrutural do pavimento; o aglomerante asfáltico é o material preferido como camada de separação; este necessita uma compactação mínima do solo existente.

Figura 22 - Sobrecapa utilizando o concreto aderido.



Fonte: RODRIGUEZ (2004).

Figura 23 - Sobrecapa utilizando o concreto não aderido.



Fonte: RODRIGUEZ (2004).

e) Reconstrução do Pavimento

Este método consiste em Demolir, remover e substituir a superfície de asfalto existente, mantendo a explanação e orientação da estrada. Este é a última tentativa de recuperação e é aplicado quando a superfície apresenta altas taxas de desgaste e patologias. Este poderia ser um novo asfalto ou uma nova superfície asfáltica sendo flexível ou rígida. (BARCA; NOGUEIRA, 2015). Segundo Rodriguez (2004), a vida de utilização de serviço varia de 10 a 20 anos para estradas asfálticas e de 20 a 30 anos para superfícies rígidas.

É um processo a ser adotado a um pavimento que, conforme aferido por parâmetros temporais e/ou índices de desempenho já ultrapassou, de forma significativa, o estágio final do ciclo de vida correspondente e apresenta anomalias com tendências irreversíveis, em termos desempenho funcional e estrutural – não desfrutando mais, portanto, da devida habilitação (BRASIL, 2005).

Segundo o DNIT (2005), a reconstrução do pavimento, determina então um novo revestimento executado, sobre as camadas estruturais inferiores reconstruídas dispondo de necessário suporte, formará assim o pavimento apto a exercer um novo ciclo de vida, de conformidade com premissas técnico-econômicas.

Figura 24 - Demolição da estrada.



Fonte: RODRIGUES (2004).

Figura 25 – Reconstrução do pavimento.



Fonte: RODRIGUES (2004).

3 METODOLOGIA

A metodologia da presente pesquisa se baseia em um conjunto de procedimentos realizados para chegar aos resultados apresentados e embasar as considerações finais associadas aos objetivos da pesquisa, tendo em vista que o trabalho será determinado pelas práticas de análise em pavimentos, as normas técnicas regulamentadoras da ABNT e as determinações que são aplicadas pelo DNIT serão consideradas como fundamento.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa científica visa conhecer um ou mais fatores sobre um assunto em específico, determinando assim que o resultado possa contribuir para o avanço do conhecimento humano, dessa forma diversos tipos de pesquisas podem existir e ser determinadas para apresentar um assunto.

A classificação da presente pesquisa levará em consideração a realização feita por Silveira e Gerhardt (2009), que determina a sua tipologia de acordo com a abordagem, natureza, objetivo e procedimentos.

Com relação a abordagem, a pesquisa se determina como qualitativa, pois realiza a objetificação do fenômeno estudado, estruturação das ações e a precisão das relações entre o global e o local em busca de resultados corretos, realizando a caracterização qualificada da amostra e resultados obtidos (SILVEIRA; GERHARDT, 2009).

A natureza da pesquisa, pode se afirmar que é aplicada, tendo em vista que a mesma gera conhecimentos para a realização prática a solução de problemas específicos. A pesquisa aplicada, segundo Rodrigues (2007), é o meio pelo qual aplicada a uma investigação, comprova ou rejeita teoria estimuladas.

O objetivo da presente pesquisa se caracteriza como descritiva, de acordo com Gil (2002), as pesquisas descritivas têm por propósito analisar propriedades e parâmetros característicos de um conjunto específico que possui atuação prática.

E os procedimentos adotados por essa pesquisa, podem ser caracterizados como documental, bibliográfico e estudo de caso. A pesquisa documental, caracteriza a coleta de dados a partir de documentos ou informações levantadas através das

ferramentas e técnicas de obtenção e coleta (GIL, 2002). A pesquisa bibliográfica, descreve toda a realização de uma fundamentação por meio de documentos publicados e existentes que consistem em referenciar teorias e teses (SILVEIRA; GERHARDT, 2009). Logo o estudo de caso, se apresenta a essa pesquisa, por conseguir caracterizar um aprofundamento de uma análise realizada a poucos objetivos com parâmetros e características determinadas que permitam o seu aprofundamento.

3.2 COLETA DE DADOS

O método baseado na coleta de dados tem como objetivo, a realização de pesquisar, aglomerar documentos e provas, buscar dados e informações sobre um assunto ou conjunto de informações de modo a agrupá-las para facilitar a análise posterior.

Tendo em vista o objeto de estudo da presente pesquisa ser a análise das patologias ocorridas nos pavimentos asfálticos de um trecho em específico, a técnica adotada para coleta de dados é a sua verificação visual como determina a norma DNIT 005/2003-TER, que especifica os padrões de patologias e é referência para determinar encontrar os dados necessários para serem apresentados na presente pesquisa.

A fonte determinada para realizar a coleta de dados foi a limitação de uma estrada em específico em Bom Retiro – SC, na Rodovia SC-112, na BR – 475, como mostra a Figura 26, onde serão verificadas todas as ocorrências das patologias, a limitação do trecho e a caracterização dos fenômenos ali ocorridos, irão demonstrar as manifestações patológicas analisadas e as quais soluções serão adotadas com base nas referências normativas ocorridas.

Figura 26 – Rodovia SC-112.



Fonte: GOOGLE MAPS (2020).

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Sendo assim, para realizar a identificação e caracterizar as manifestações patológicas evidenciadas no pavimento asfáltico, foram utilizadas pesquisas bibliográficas com base em ensaios executados para comprovar a ocorrência do estudo feito em campo.

A ocorrência de defeitos no pavimento, segundo Figueiredo (2011), pode ser decorrente de diversos fatores, como as condições ambientais, capacidade da estrutura do pavimento e do subleito, a qualidade dos materiais utilizados, do procedimento executivo, volume e carga do tráfego e a temperatura, todas essas condições podem determinar a variação da velocidade de vida útil do pavimento.

As patologias identificadas serão caracterizadas a partir da nomenclatura e descrição determinadas através norma DNIT 005/2003-TER, que identifica as possibilidades de manifestações patológicas ocorridas nos pavimentos flexíveis que são os casos das vias urbanas e através da utilização das ferramentas de medição e análise é possível determinar os parâmetros de gravidade e qualidade da ocorrência verificada.

A análise das patologias e o seu nível de severidade foram determinados de acordo com a norma DNIT 005/2003-TER. Onde é classificado a partir das definições determinadas e terminologias, o detalhamento da manifestação patológica para o pavimento asfáltico em questão.

As informações obtidas referentes às degradações das vias serão realizadas por meio de um levantamento em campo, onde será realizado as medições e verificação visual das manifestações patológicas na própria via, para posterior descrição e confirmação realizada por meio da análise.

O manual do DNIT exige uma análise objetiva e qualitativa do pavimento, como a avaliação das patologias contextualizadas, documentadas e descritas previamente, a partir desta análise, é determinado o tipo de pavimento e o nível da degradação encontrada no pavimento e se esta inferida sobre a estrutura do pavimento ou apenas sobre a sua superfície. E então, é definido o método a ser utilizado para o tratamento do pavimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base no levantamento realizado, na documentação e análise com base na norma, avaliou-se e determinou-se as patologias asfálticas encontradas na estrada do caso em questão e foi determinado as soluções que são possíveis de serem utilizadas para tratamento.

As imagens apresentadas, no Apêndice A, ilustram todas as patologias encontradas no trecho, para não ter uma extensão da análise das patologias apresentadas serão apresentadas as diferentes manifestações diagnosticadas e o Apêndice A demonstra todas as ocorrências que foram documentadas.

4.1 ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A partir da análise realizada sobre o pavimento, foi possível qualificar e quantificar as manifestações patológicas encontradas. A partir da determinação da norma do DNIT 005/2003, foi possível determinar e identificar as patologias realizadas na estrada levantada, a partir deste foi quantificado o número de patologias e são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Patologias identificadas

Patologia
Fissuras em blocos por fadiga
Fissuras e Trincas
Desagregação
Afundamento com fissuras

Fonte: Próprio Autor (2020).

Na sequência são demonstrados o detalhamento e caracterização sobre as patologias analisadas sobre o trecho estudado.

a) Fissuras em blocos por fadiga

Figura 27 - Fissuras em blocos por fadiga



Fonte: Próprio Autor (2020).

As fissuras apresentadas na Figura 27, ocorrem em um local com determinada curva sobre a parte externa da estrada, então devido ao momento de inércia exercido pelos veículos automotores, a força do lado externo exerce uma pressão acentuada sobre o pavimento asfáltico, devido a frenagem e desaceleração do veículo sobrecarregados que exerce pressões elevadas sobre o pavimento fazendo com que resultasse na ocorrência das fissuras caracterizadas por blocos na posição citada do pavimento, tendo em vista a estrada em questão ser uma rodovia, a passagem de caminhões e veículos mais pesados, farão com que a manifestação patológica se desenvolva ainda mais, a má execução da compactação, como erros de projeto também estão associados a ocorrência deste evento.

A possível correção para o acontecimento ilustrado é refazer o projeto dos trechos da estrada que apontam essa patologia, por ser uma patologia pontual a

utilização de materiais reforçados sobre a estrutura e a sua execução correta no local, além de corrigir o revestimento com sua recuperação, soluciona o problema, sem intervenções tão drásticas, como determina a norma do DNIT 146/201-ES, fazendo uso do CAP 150/200 ou CBUQ.

b) Fissuras e trincas

Figura 28 - Fissuras e trincas transversais no pavimento asfáltico.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Uma das ocorrências mais recorrentes no estudo de caso ilustrado, é manifestação de fissuras e trincas, muitas fissuras demonstraram-se interligadas por blocos e ou relacionadas a outras manifestações patológicas, por caracterizar a ocorrência da deformação excessiva do pavimento. A origem das fissuras neste caso, está relacionada a diversos fatores como temperatura, desgaste, ação do tráfego e problemas no material do revestimento.

A solução para correção do problema é realizar o tratamento superficial, fazendo a selagem das fissuras com emulsão asfáltica.

c) Desagregação

Figura 29 - Desagregação.



Fonte: Próprio Autor (2020).

A patologia de desagregação é caracterizada por ter a mistura asfáltica utilizada no revestimento mal executada e tendo como resultado a separação dos materiais ali empregados, esse diagnóstico foi pouco manifestado no trecho e tinha a ocorrência presente em pontos de acostamentos.

A remoção das superfícies danificadas e a utilização de um material asfáltico no recapeamento do pavimento como determina a norma, é a solução mais indicada para o evento apresentado.

d) Afundamento com fissuras

Figura 30 - Afundamento com fissuras.



Fonte: Próprio Autor (2020).

Afundamentos, são deformações plásticas ocorridas no pavimento que prejudicam de forma severa a trafegabilidade sobre a estrada e pode até trazer riscos aos motoristas da via, como se nota esta patologia causa deformações em locais específicos do pavimento e se desenvolvem em fissuras longitudinais, no caso desta estrada era muito comum este evento se dar em certas curvas onde a frenagem e desaceleração do veículo sobrecarregados, exerce pressões elevadas sobre o pavimento, a má execução da compactação, como erros de projeto também estão associados a ocorrência deste evento.

A solução pode ser determinada como a mesma do afundamento sobre as trilhas, sendo a correção do projeto, por ser uma patologia pontual a utilização de materiais reforçados sobre a estrutura e a sua execução correta no local, além de corrigir o revestimento com sua recuperação, soluciona o problema.

Foi possível observar uma grande diversidade de ocorrências degradantes sobre o pavimento, mesmo tendo casos mais constantes que outros, entretanto, para

todos os casos apresentados é possível determinar soluções que sejam pontuais e práticas passíveis de solucionar o problema, mesmo que seja de forma temporária. A Tabela 6 apresentada demonstra um resumo das patologias encontradas e as soluções utilizadas para o caso estudado.

Tabela 6 - Resumo das patologias analisadas.

Manifestação Patológica	Causas / Origem	Solução
Fissuras em blocos por fadiga	Sobrecarga de veículos, erros de projeto, erros de execução / compactação	Tratamento superficial com material asfáltico como CAP 150/200 ou CBUQ
Fissuras e Trincas	Desgaste do pavimento, ação do tráfego e intempéries	Tratamento superficial através da selagem das fissuras com emulsão asfáltica
Desagregação	Erros de execução que degradam por ação do tráfego	Remoção dos locais danificados, recapeamento do pavimento
Afundamento com fissuras	Sobrecarga de veículos, erros de projeto, erros de execução / compactação	Reforço da estrutura com materiais adequados e recuperação do revestimento com materiais asfálticos

Fonte: Próprio Autor (2020).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o objetivo de demonstrar um estudo de caso que por meio da análise e avaliação das patologias identificou-se as causas e origens e relacionando a solução para cada situação, o estudo foi determinado sobre a rodovia SC - 112, na cidade de Bom Retiro em Santa Catarina, onde foi levantado todas as suas manifestações patológicas observadas.

Como apresentado com base nas referências bibliográficas, manifestações patológicas nos pavimentos são eventos de constante ocorrência, ainda mais no caso de pavimentos asfálticos, por serem materiais flexíveis, portanto existe uma necessidade constante de conservação, manutenção e em últimos casos recuperação das estradas para que a mesma possa atender à necessidade dos usuários e não cause transtorno e nenhum acidente, para isso é necessário utilizar técnicas de análise e procedimentos determinados com base no DNIT e encontrar as possíveis soluções que auxiliaram a resolver o problema determinado.

O estudo de caso demonstrado para relacionar os conceitos apresentados foi realizado sobre uma rodovia, a realização da análise sobre estrada se justificou pela mesma apresentar uma grande quantidade de manifestações de fissuras, as análises das patologias encontradas foram determinadas com base na norma do DNIT 005/2003-TER e as soluções adotadas tiveram como referência o Manual de Restauração dos Pavimentos Asfálticos também do órgão de trânsito nacional.

A partir do levantamento realizado sobre a via, foram observadas sobre o trecho manifestações patológicas em 4 tipos classificações, sendo fissuras em blocos por fadiga; fissuras e trincas; desagregação; e afundamento com fissuras. Tendo em sua maioria de incidências patológicas as fissuras e trincas em decorrência do desenvolvimento de outras patologias ou por formação própria.

Apesar de cada manifestação apresentar soluções e características independentes, a partir de uma análise geral, é possível concluir que o pavimento dimensionado para a estrada, possuem erros e ou foi executado de modo impróprio, gerando uma grande quantidade de problemas pontuais e locais.

Portanto, é possível analisar que o acontecimento de patologias sobre o pavimento asfáltico é comum, mostrando que a área de estradas e tráfego, possui uma certa deficiência e precisa de uma compatibilidade para melhorar o projeto e execução das estradas no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEDA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE ASFALTO. **Manual básico de emulsões asfálticas**. Solução para pavimentar sua cidade. Rio de Janeiro: Abeda, 2001.
- ADOT. Arizona: **Arizona Department of Transportation (ADOT)**, 2008.
- ARAUJO, D. H. **Análise comparativa do asfalto borracha com o asfalto convencional e o asfalto com adição de polímeros**. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL – TCC, 2015, f, 90.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro, 2014.
- AZEVEDO. M. T. et al. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Ibracon, 1902p, v.2, 2011.
- BALAGUER, M. **Avaliação estrutural de um pavimento flexível executado em asfalto-borracha elaborado pelo processo de produção contínua em usina**. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, RJ. 2012.
- BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. Oficina de texto, 2007.
- BARCA, M. A.; NOGUEIRA, S. P. **Análise das técnicas de conservação de pavimentos rodoviários**. Graduação (Monografia em Engenharia Civil), Escola Politécnica, UFRJ, Rio de Janeiro, 2015.
- BERNUCCI, L.B; ET AL, **Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2008.
- BRANCO, F., PEREIRA, P. **Pavimentos Rodoviários**. Edições Almedina, Coimbra, 2006.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de conservação rodoviária**. 2. ed. – Rio de Janeiro, 2005. 564p. (IPR. Publ., 710).
- BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 307, de 5 de julho de 2002. Diretrizes, Critérios e processos para o gerenciamento de resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2002.
- BRASQUIMICAS. **Conservação e Melhoramentos de Pavimentos Asfálticos**. 2003. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/39774081-Conservacao-e-melhoramentos-de-pavimentos-asfalticos-nov-2003.html>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

CAMARGO, F. F. **Field and laboratory performance evaluation of a field-blended rubber asphalt**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2016.

CASTRO, C. G. **Conservação do Pavimento**. Notas de Aulas, PUC – RS, Faculdade de Engenharia – FENG, Porto Alegre, 2009.

COMURB. **A importância de grandes rodovias para o país**. 2013. Disponível em: <<http://comurb.com.br/a-importancia-de-grandes-rodovias-para-o-pais/>>. Acesso em: 27 mar. 2020.

CRESSWELL, J. Projeto de Pesquisa: **Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2ed. 2007. Porto Alegre

DLC. **Bulletin d'Information Technique – Réparation des Nids-de-Poule**. Direction du Laboratoire des Chaussés, France, 2004.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – Disponível em: <http://www.dnit.gov.br> Acesso em: 28 mar. 2020.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes 150/2010 ES – **Pavimentação asfáltica** – Lama asfáltica, Rio de Janeiro, 2010.

DNIT. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003, 12 p.

DNIT. Instituto de Pesquisas Rodoviárias (IPR). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. 2. ed. Publ. 710. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

DNIT. **Manual de pavimentação**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, 2006.

DOMINGUES, F. A. A. **Manual para identificação de defeitos de revestimentos asfálticos de pavimentos**. São Paulo, 1993.

E.P. **Conservação corrente por contrato 2010-2013**. Caderno de encargos Capítulo 5 Métodos construtivos, Estradas de Portugal S.A., Almada, 2010.

EMCONBRAS. **Pavimentação e Terraplenagem, 2014**. Disponível em <<http://www.emconbras.com.br>>.

FIGUEREIDO, N. P. D. **Avaliação e Conservação de Pavimentos Rodoviários Municipais com Baixo Tráfego**: Contribuição para uma Metodologia de Apoio. Dissertação (Mestrado em Construção Urbana), Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2011.

GIL, A.C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Edição: São Paulo, editora atlas s.a. 2002.

IME. **Tratamento Superficial**. Instituto Militar de Engenharia - Secção de Engenharia de Fortificação e Construção, Brasil, 2008.

INTEVIAL. **Aspectos Técnicos na Conservação e Reabilitação de pavimentos rodoviários - Processos Construtivos nas Técnicas de Conservação e Reabilitação**. Inteval – Gestão Integral Rodoviária, S.A Lisboa, Portugal, 2009.

ISCYC. **Manual de Reparaciones Duraderas y de Bajo Costo para Operaciones de Bacheo, utilizando Mezclas de Concreto Compactado**. Instituto Salvadoreño del Cemento y del Concreto, El Salvador., 2006 Disponível em: <<http://www.iscyc.net/servicedet.asp?p=62&type=1&id=172>> Acesso em: 30 mar. 2020.

JORNAL O LÍDER. **Agora vai? Operários retomam obras no asfalto do interior em São Miguel, 2016**. Disponível em <<http://wh3.com.br>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

LEITE, L. F. M. **Curso Básico Intensivo de Pavimentação Urbana – Módulo Básico – Ligantes Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2003.

LNEC. **Conservação e reabilitação de pavimentos rodoviários – Selecção de Técnicas de Conservação e Reabilitação de Pavimentos**. Maria de Lurdes Antunes, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, 2005.

MARTINS, G. A.; PINTO, R. L. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**. São Paulo: Atlas, 2001.

MOTTA, L. M. G.; BERNUCCI, L. B.; CERATTI, J. A. P. SOARES, B. J. **Pavimentação Asfáltica**. Formação Básica para Engenheiros. 2008.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. – Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUIRINO, M. E. P. **Recuperação de Pavimentos Flexíveis em Áreas de Taxiamento de Aeronaves**. Monografia (Especialização em Construção Civil), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

RAUEN, F.J. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Ed. UNISUL, 2002.

ROBLES, R. A. **Guia para projetar a reabilitação de uma rota através do uso de reciclagem de asfalto do pavimento existente**. Universidade Austral do Chile. Faculdade de Ciências da Engenharia. Escola de Construção Civil, 2009.

RODRIGUES, W. C. **Metodologia Científica**. Paracambi: FAETEC/IST, 2007.

SEFAZ. **Governo investe em estradas e garante qualidade nas rodovias**. Disponível em: <<http://www5.sefaz.mt.gov.br/-/governo-investe-em-estradas-e-garante-qualidade-nas-rodovias>> Acesso em: 25 mar. 2020.

SILVEIRA, D. T.; GERHARDT, T. E. **Métodos de pesquisa**. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

SOUZA, P. M. **Proposta de implementação do sistema de gerência de pavimentos para a Cidade do Rio de Janeiro**. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Graduação em Engenharia Civil. 2015.

TRENTINI, M.; PAIM, L. Pesquisa em Enfermagem. **Uma modalidade convergente-assistencial**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

USIRF. **Les Émulsions de Bitume**. Union des Syndicats de L'Industrie Française, Routes de France, Section SFERB, Paris, 2006.

VALENZUELA M. **O asfalto na conservação de pavimentos**. Universidade Austral do Chile. Faculdade de Ciências da Engenharia. Escola de Construção Civil, 2003.

VICENTE, A. **A Utilização de Betumes Modificados com Borracha na Reabilitação de Pavimentos Flexíveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade do Porto, Porto, 2006.

YILDIRIM, Y; QATAN, A; PROZZ, J. **Field Manual for Crack Sealing in Asphalt Pavements**. Center of Transportation Research, The University of Texas at Austin, 2006.

APÊNDICE A – PATOLOGIAS DOCUMENTADAS









