

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**HEBERT COSTA CERQUEIRA
PAULO HENRIQUE FERNANDES**

ANÁLISE DE PATOLOGIAS NA RODOVIA MG/116 ALTURA DO KM 514

CARATINGA

2019

HEBERT COSTA CERQUEIRA
PAULO HENRIQUE FERNANDES

FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA

ANÁLISE DE PATOLOGIAS NA RODOVIA MG/116 ALTURA DO KM 514

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil das Faculdades Doctum de Caratinga, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Estradas

Orientador: Prof. Sidinei Silva Araujo

CARATINGA

2019

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: ANÁLISE DE PATOLOGIA NA RODOVIA MG/116 ALTURA DO KM 514, elaborado pelo(s) aluno(s) HEBERT COSTA CERQUEIRA e PAULO HENRIQUE FERNANDES foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

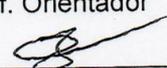
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 10/07/2019



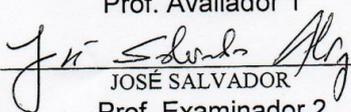
SIDINEI SILVA

Prof. Orientador



JOSE NELSON

Prof. Avaliador 1



JOSE SALVADOR

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de ressaltar que, esse projeto não é apenas resultado de alguns meses de estudo, é o envolvimento direto com a área de desejo de especialização de nós, alunos envolvidos, que reflete uma vida universitária, inteira. Evidentemente chegar até aqui, sem dúvida, é uma vitória conjunta. Então, agradecemos a todos que passaram pelas nossas vidas nesses anos, direta ou indiretamente, coordenação, a todos os professores e orientador nos fizeram chegar até aqui. Obrigado! Entretanto, existem pessoas que foram, no mínimo, muito importantes para nós e para a conclusão desse trabalho, a elas, gostaríamos de dedicar nossas próximas palavras:

- Primeiramente a Deus, obrigado por sempre nos dar forças em nossas lutas mesmo quando cogitamos desistir.

- Às nossas Famílias, por ser um exemplo de amor incondicional, um suporte, um porto seguro e uma fonte de fé e coragem, por terem sido fortes e suportarem todos os picos de estresse e de frustração, por acreditarem e confiarem na pessoa em que tornamos, por me motivarem a cada dia ser uma versão melhor, por serem o verdadeiro significado de “família”.

- Em especial aos professores do curso de Engenharia Civil, da Rede de Ensino Doctum, e aos mais íntimos que por muitas as vezes como amigos, por compartilharem sua sabedoria, não só acadêmica, como de vida que muitas vezes foram mais que mestres, serem pais, amigos e conselheiros. Em especial também ao nosso orientador nesse trabalho, Prof. Sidinei Silva Araújo, por sua disponibilidade, atenção e sensibilidade.

- Aos colegas ao longo de nosso curso de Engenharia Civil, pelo auxílio, colaboração, disponibilidade, pela convivência e estar sempre ao nosso lado.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACL	Afundamento de Consolidação Local
ACT	Afundamento de Consolidação da Trilha
APL	Afundamento Plástico Local
APT	Afundamento Plástico da Trilha
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CR	Corte em Rocha
CTGA	Caratinga
D	Desgaste
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
E	Escorregamento
EX	Exsudação
Fa	Frequência absoluta
FI	Fissuras
Fp	Fator de ponderação
Fr	Frequência relativa
IES	Índice do Estado da Superfície
IGG	índice de Gravidade Global
IGI	Índice de Gravidade Individual
J	Trinca Tipo “Couro de Jacaré”
JE	Trinca Tipo “Couro de Jacaré” com Erosão
Km	Quilometro
M	Metro
O	Ondulações
P	Panelas
PP	Ponto de Passagem
R	Remendos
SM	Seção Mista
SMA	Stone Matrix Asphalt
TB	Trinca Tipo Bloco
TBE	Trinca Tipo “Bloco” com Erosão

TLC	Trinca Longitudinal Curta
TLL	Trinca Longitudinal Longa
TRE	Trilha de Roda Externa
TRI	Trilha de Roda Interna
TTC	Trinca Transversal Curta
TTL	Trinca Transversal Longa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pavimento flexível	17
Figura 2 - Trinca Isolada - Transversal.....	18
Figura 3 - Trinca Isolada - Longitudinal	19
Figura 4 - Trinca Interligada – Tipo Bloco	19
Figura 5 - Trinca Isolada – Tipo “Jacaré”	20
Figura 6 - Afundamento de Trilha de Roda	21
Figura 7 - Afundamento Local	21
Figura 8 - Ondulações.....	22
Figura 9 - Escorregamento.....	22
Figura 10 - Exsudação	23
Figura 11 - Desgaste.....	24
Figura 12 - Buraco ou “Panela”	24
Figura 13 – Trecho em estudo	32
Figura 14 - Trinca tipo jacaré.....	33
Figura 15 - Largura da trinca.....	33
Figura 16 - Panela e remendo.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Resumo dos Defeitos – Codificação e Classificação	25
Quadro 2 - Fatores de Ponderação	28
Quadro 3 - Conceito de Degradação do Pavimento em Função do IGG	29
Quadro 5 - Catálogo das patologias	34
Quadro 6 - Frequência de patologias em cada trecho	35
Quadro 7 - Valores de ponderação	35
Quadro 8 – Resultado dos cálculos de IGI e IGG	36
Quadro 9 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	37

RESUMO

A proposta deste trabalho é apresentar um estudo de patologias ocasionadas na rodovia MG/116 altura do Km 514 na cidade de Caratinga Minas Gerais, tendo como objetivo analisar e classificar as patologias e diagnosticar o estado atual da superfície de pavimentação da rodovia em análise. Por ser uma rodovia com alta relevância para a região por causa de intenso tráfego de automóveis e caminhões visando o comércio e passeio entre as proximidades, foi escolhido para ser o objeto de estudo deste trabalho. Foram abordados na revisão bibliográfica todos os tipos de patologias que podem ocorrer em um pavimento e suas formas de análise dentro do procedimento determinado pelas normas DNIT 005/2003 e DNIT 006/2003. Foi feito um levantamento em campo no trecho demarcado pelo próprio DNIT com um total de seis estações totalizando 120 metros, com isso foi realizado um quantitativo e qualitativo das patologias encontradas e catalogadas. Após obter os dados, foi feito o cálculo de frequência absoluta e com ele e o fator de ponderação de cada patologia determinado pela norma, foi encontrado o valor do índice de gravidade individual (IGI), com o resultado do (IGI) de cada patologia é feito um somatório de todos e foi obtido o índice de gravidade global (IGG) do pavimento no valor de 206,67, este valor é muito superior ao valor de parâmetro que define como péssimo o desempenho da rodovia que é de 160. Os resultados encontrados demonstram que o trecho em análise está em péssimo estado de conservação, necessitando de uma manutenção.

Palavras-Chave: Pavimento, Trecho, Patologia.

ABSTRACT

This year's work is presenting an occasional pathology study on the highway MG / 116 at Km 514 in the city of Caratinga, Minas Gerais, Brazil. The objective of this study was to analyze and classify as pathologies and diagnoses of the present state of the pavement surface of the highway under analysis. Because it is a highway with a high relevance to the region because of the road full of cars and cars, it is necessary to change the path and the walk between the regions, to be chosen to be the object of study of this work. The DNIT 005/2003 and the DNIT 006/2003 were approached in the bibliographical journal for all types of pathologies that can occur in a pavement and its forms of analysis. The DIT was done in a total of six stretches demarcated by the DNIT itself with a total of six stations totaling 120 meters, being performed a quantitative and qualitative of the pathologies found and catalog them. After obtaining the data, the absolute phase was calculated and with the weighting factor of each pathology, the value of the individual degree of severity (IGI), with the result of (IGI) of each pathology was defined. Overall severity was calculated as a value of 206.67, this figure is much higher than that of a parameter that defines how the highway's performance is 160. The results found in: demonstrate that this is a very poor state of conservation , needing to maintenance.

Keywords: Pavement, Stretch, Pathology.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização	12
1.2 Objetivos	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivo específico	13
1.3 Justificativa	13
1.4 Estrutura do trabalho	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Estrutura e classificações dos pavimentos	15
2.2 Pavimento flexível	16
2.3 Patologias presentes em pavimento asfáltico	17
2.3.1 Fendas	18
2.3.2 Trinca perpendicular	18
2.3.3 Trinca paralela	18
2.3.4 Trinca tipo bloco	19
2.3.5 Trinca tipo jacaré	19
2.3.6 Afundamento	20
2.3.7 Ondulações	21
2.3.8 Escorregamento	22
2.3.9 Exsudação	23
2.3.10 Desgaste	23
2.3.11 Buraco ou panela	24
2.4 Técnicas de recuperações e manutenções do asfalto	26
2.5 Métodos de avaliação da superfície	27
2.5.1 DNIT 006/2003 – Avaliação objetiva da superfície	28
3 METODOLOGIA CIENTÍFICA	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5 CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2017), apresentou dados mostrando que a malha rodoviária do Brasil é composta de 119.953,5 km de rodovias federais, 261.562,8 km de rodovias estaduais e 1.339.126,9 km de rodovias municipais, chegando a total de malha igual a 1.720.643,2 km. Deste total 78,6% das rodovias no Brasil não são pavimentadas, tendo apenas 12,2% pavimentada e 9,2% é planejada.

A última pesquisa da CNT (2018) mostra que, nos últimos dez anos, a extensão das rodovias federais brasileiras cresceu somente 11,7% e grande parte dos trechos que têm pavimento não estão em bom estado. Dos 103.259 km de pavimentos analisados, 58,2% apresentam algum tipo de problema no estado geral, sendo que 48,3% dos trechos avaliados receberam classificação regular, ruim ou péssimo.

Toda via deve apresentar algumas características para proporcionar uma melhor utilização das mesmas que são: segurança, conforto maior aderência entre o automóvel e a pista, condição superior de rolagem, redução de ruído. Todas estas pautas devem ser sentidas ao decorrer de toda a rodovia de utilização, tendo um ganho econômico para as pessoas, com a diminuição de manutenção dos automóveis por problemas ocasionados com as patologias dos pavimentos e uma frequência menor no número de acidentes.

Diante do problema Brasileiro de falta de manutenção nos pavimentos, materiais de baixa qualidade e sem pesquisas técnicas nos projetos das obras, faz-se necessário fazer um estudo científico sobre este tema.

Para determinar o ponto que se encontra o pavimento em estudo, foi utilizado o método objetivo de cálculo que são os índice de gravidade individual (IGI) e índice de gravidade global (IGG) que é especificado conforme as norma DNIT 006/2003 e a norma DNIT 005/2003, atribuindo este cálculo para determinar o nível de gravidade das patologias encontradas no pavimento de rolagem de acordo com suas diretrizes, como os valores de ponderação e também uma tabela que classifica os valores das patologias catalogadas na norma.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho analisou o desempenho da rodovia MG/116 altura do KM 514 e as patologias encontradas seguido de proposta para resolução destes problemas.

1.2.2 Objetivo específico

São objetivos específicos do presente trabalho:

- Promover uma revisão bibliográfica sobre a pavimentação e as patologias encontradas;
- Quantificar e qualificar as patologias;
- Determinar o Índice de Gravidade Global (IGG) do pavimento avaliado e através dele caracterizar o estado geral de conservação do pavimento;
- Propor um método de recuperação do pavimento;

1.3 JUSTIFICATIVA

Esta pesquisa tem o objetivo de analisar os tipos e frequências de patologias ocorridas na pavimentação da rodovia MG/116 altura do KM 514, por ser de extrema relevância socioeconômica para a região de Caratinga, onde se locomovem tanto empresas quanto civis. Logo qualquer tipo de problema neste trecho irá afetar diretamente toda a região, tanto pelo fato econômico por gerar maior desgaste aos automóveis, como pela segurança de quem trafegar pela via, sendo assim necessário uma análise sobre o seu desempenho e manutenção.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1: Trata do capítulo introdutório onde apresenta-se o tema e a problematização do estudo.

Capítulo 2: Abordagem da revisão bibliográfica sobre os tipos de pavimentação utilizados no Brasil assim como suas patologias.

Capítulo 3: Metodologia de análise do pavimento em estudo de acordo com a norma DNIT 005/2003 e DNIT 006/2003.

Capitulo 4: Resultado e discussão sobre os dados encontrados na rodovia em estudo através da revisão bibliográfica e dos ensaios realizados.

Capitulo 5: Para conclusão final do trabalho

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico é abordado um panorama geral sobre os principais temas relacionados a esta dissertação. Sendo assim este capítulo apresenta a seguinte estrutura: Estrutura e classificação dos pavimentos, Patologias presentes em pavimento asfáltico, Métodos de avaliação da superfície.

2.1 ESTRUTURA E CLASSIFICAÇÕES DOS PAVIMENTOS

O nome que é dado para construção feita em terraplanagem com camadas de espessuras delimitadas capas de distribuir e resistir todos os esforços verticais e os horizontais que causam desgaste e ao mesmo tempo fornece segurança e conforto aos que o utilizam é Pavimento (SENÇO, 2007). Além destas características, é necessário que ele faça com que o transporte seja realizado eficazmente e agilmente também quase não tenha influência climática somado com um menor custo possível (BERNUCCI et al., 2006).

Balbo (2007), afirma que pavimentar as vias torna o tráfego melhor pois torna a superfície mais aderente, regular e gera menos ruído, diminuindo custos operacionais no trânsito.

A classificação do pavimento é definida em duas, pavimento rígido ou flexível (SENÇO, 2007). Com relação ao tipo de material que é utilizado na construção das camadas de revestimento das vias, sendo o pavimento de concreto de cimento como pavimento rígido e o pavimento asfáltico como pavimento flexível (BERNUCCI et al., 2006).

Os pavimentos rígidos são produzidos com placas de concreto, com um aumento de resistência a compressão e tração podendo melhorar essa resistência com a utilização de barras de aço em seu interior, dando a ele a baixa deformabilidade quando são aplicados a estas formas (BERNUCCI et al., 2006).

Agora os pavimentos flexíveis tem a característica a deformabilidade maior que o pavimento de concreto, devido ao tipo de material usado que é uma mistura de base pétreo e betuminosa, em cima de uma fundação feita com varias camadas para dar a resistência necessária a compressão (MARQUES, 2012).

O pavimento flexível de concreto asfáltico é feito com duas camadas superficiais onde, a primeira faz a ligação entre a camada da superfície e a camada

de fundação também conhecida como base e a camada superficial onde tem uma maior resistência a tração por entrar em contato direto com os pneus (BERNUCCI et al., 2006).

Segundo Bernucci (2006) cita que o trincamento por fadga das camadas é originado das deformações e tensões que são aplicadas ao pavimento, somado do desgaste que vai ocorrendo de forma natural e as ações climáticas como sol e chuva intensos, o que leva ao envelhecimento do pavimento ocasionando o trincamento na superfície.

Ambas as camadas de pavimentação aboradas são colocadas sobre as camadas de base, estas por sua vez, são para servirem de fundação para receberem e transmitirem os esforços que são aplicados aliviando as tensões sobre e entre as camadas (BALBO, 2007).

Existem alguns fatores necessários para alcançar o desempenho máximo das camadas que vão desde a drenagem, compactação da base, fluência das pressões uma correta diversidade e aplicabilidade de agregados e suas granulometrias para calcular e formar as camadas de subleito, reforço do subleito, sub-base e base.

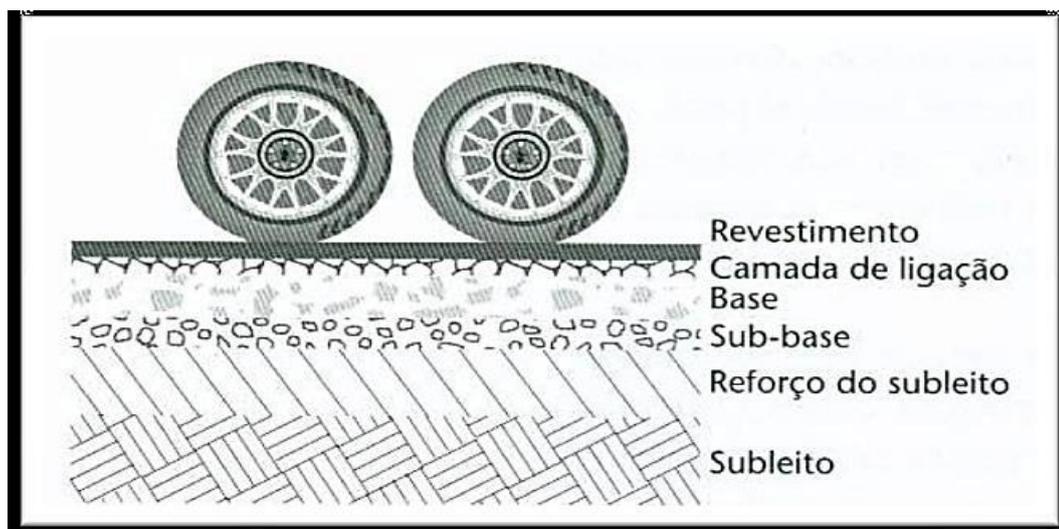
2.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL

Os pavimentos flexíveis segundo a especificação de serviço do DNIT 031/2006 ES, são aqueles na qual todas as suas camadas sofrem algum tipo de deformação elástica sob o carregamento exercido, porém, esse carregamento é distribuído em partes aproximadamente equivalentes entre as camadas. Como por exemplo, um pavimento constituído por uma base de brita graduada ou macadame revestido por uma camada betuminosa.

Conforme DER/SP (2006) os pavimentos flexíveis são constituídos por algum revestimento asfáltico sobre camadas com base granular ou sobre camada de base com solo materializado granulometricamente. Os esforços oriundos do tráfego são absorvidos pelas diversas camadas constituintes das estruturas do pavimento flexível.

Segundo o DNER (2009) a formação de um pavimento flexível é feita através de uma camada granular na base servindo de fundação e nela é aplicado uma camada de revestimento asfáltico, todos os esforços aplicados sobre o pavimento são dissipados por todas as suas camadas que trabalham em conjunto. A Figura 1 ilustra um pavimento flexível.

Figura 1 - Pavimento flexível



Fonte: Balbo, 2007

2.3 PATOLOGIAS PRESENTES EM PAVIMENTO ASFÁLTICO

Ao construir uma via, necessariamente deve-se fazer um estudo de caso para aquela região, procurando entender a real necessidade, o custo benefício, entre outros aspectos. Para que isso ocorra da forma correta é obrigatório a análise de um profissional especializado, nesse caso um Engenheiro Civil.

O profissional em questão realiza cálculos, faz um intensivo estudo do solo por onde a estrada irá percorrer, usa a melhor aplicação das normas do DNIT e das Normas da ABNT NBR (Norma Brasileira Regulamentadora). Contudo, por melhor que seja a elaboração do projeto e a especificação da obra, com o passar do tempo podem aparecer defeitos na pavimentação, situação que se torna pior quando a análise em questão é feita incorretamente, pois as falhas aparecem mais rápido. Tais defeitos são denominados patologias.

A norma DNIT 005/2003 – Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos dividem as patologias em grupos e traz a abordagem sobre as suas características, com o objetivo de orientar na sua identificação. As patologias são classificadas das formas descritas a seguir.

2.3.1 Fendas

A Fenda é facilmente notada, por causa de sua abertura ser maior que uma fissura. Quanto à severidade, as trincas classificam-se em TR – 1, quando sua abertura for inferior a 1,00mm; em TR – 2, quando sua abertura for superior a 1,00mm e sem erosão nas bordas; e em TR – 3, caso em que sua abertura for superior a 1,00mm e apresenta erosão nas bordas.

2.3.2 Trinca perpendicular

Trinca isolada em direção perpendicular ao eixo da via como mostra a Figura 2. A trinca pode ser considerada curta se a extensão for menor que 100 cm. Quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca transversal longa. É um defeito funcional (grandes trincamentos causam irregularidade) e estrutural (enfraquecem o revestimento do pavimento. (DNIT 005/2003).

Figura 2 - Trinca Isolada - Transversal



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.3 Trinca paralela

Trinca isolada em direção paralela ao eixo da via como mostra na Figura 3. A trinca pode ser considerada curta se a extensão for menor que 100 cm. Quando a extensão for superior a 100 cm, denomina-se trinca longitudinal longa. Defeito

funcional (grandes trincamentos causam irregularidade) e estrutural (enfraquecem o revestimento do pavimento. (DNIT 005/2003).

Figura 3 - Trinca Isolada - Longitudinal



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.4 Trinca tipo bloco

Trinca tipo bloco é definido como um grupo de trincas interligadas possuindo aparência de blocos com lados bem definidos conforme a Figura 4, a mesma pode apresentar ou não, erosão acentuada nas bordas (DNIT 005/2003).

Figura 4 - Trinca Interligada – Tipo Bloco



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.5 Trinca tipo jacaré

São trincas interligadas (Figura 5) que se caracterizam por formarem ângulos agudos sendo a menor aresta menor que 30 cm. Inicialmente tem-se uma série de trincas isoladas. São reflexo de um estágio avançado de fadiga, a partir desse ponto,

se não for executado correções, muitas panelas passarão a surgir no pavimento. Quando o defeito chega a esse ponto o pavimento passa a ter baixa capacidade de distribuição de esforços e elevadas deflexões. Quando muito precoce, pode indicar falhas construtivas como oxidação do CAP, ou tráfego além do considerado em projeto. DNIT 005/2003).

Figura 5 - Trinca Isolada – Tipo “Jacaré”



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.6 Afundamento

Este tipo de afundamento ocorre quando não há ocorrência simultânea de elevação ao lado do afundamento. As possíveis causas podem ser a densificação de uma ou mais camadas do pavimento em função do tráfego severo e/ou compactação insuficiente das camadas, sendo comum sobre bueiros e em encontros de pontes. Quando o afundamento tem um comprimento inferior a 6m é considerado um afundamento por consolidação local, caso se mantenha por uma extensão superior a 6m é considerado afundamento de consolidação da trilha de roda como é mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Afundamento de Trilha de Roda



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

Caracterizada por apresentar uma depressão da superfície do pavimento seguida por compensação volumétrica lateral em um local da pista de uma área menor ou igual 6m denomina-se afundamento local conforme a Figura 7 (DNIT 005/2003).

Figura 7 - Afundamento Local



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.7 Ondulações

São ocorrências de deformações transversais, perpendiculares ao eixo estradal, que agrupadas, causam ondulações na superfície do pavimento (Figura 8). As principais causas são a compactação inadequada das camadas do pavimento ou acabamento deficiente, a sobrecarga provocada pelo tráfego ou ainda tráfego com alternância de direção, como em cruzamentos e rotatórias. (DNIT 005/2003).

Figura 8 - Ondulações



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.8 Escorregamento

É caracterizado pelo deslocamento do revestimento asfáltico em relação a base com a formação de fendas em forma de meia lua (Figura 9). Ocorre em pavimentos submetidos a calor excessivo, o que provoca a fluência do CBUQ, (DNIT 005/2003).

Figura 9 - Escorregamento



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.9 Exsudação

Em dias quentes, um pavimento que sofreu exsudação parece molhado ao ser observado de longe, em função do reflexo da luz, ao se aproximar do ponto em questão se percebe o defeito, conforme Figura 10, (DNIT 005/2003).

Figura 10 - Exsudação



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.10 Desgaste

É importante a atenção na preparação do material asfáltico para que o mesmo não fique poroso, fazendo que os agregados se soltem do material inicial. A porosidade

é uma das principais características para ocasionar o desgaste podendo observa na Figura 11 (DNIT 005/2003).

Figura 11 - Desgaste



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

2.3.11 Buraco ou panela

Esta patologia pode ocorrer em diversas possibilidades, no geral elas surgem de uma fase evolutiva de outras patologias que não foram tratadas devidamente em época adequada, essa patologia pode ser causada por várias hipóteses como a falta de aderências entre as camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas gerando cavidades no revestimento, podendo chegar a camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas, como mostra a Figura 12, (DNIT 005/2003).

Figura 12 - Buraco ou “Panela”



Fonte: Norma DNIT 005, 2003

Para maior compreensão das patologias citadas anteriormente, são referidos no Quadro 1 a seguir, extraído do anexo A da Norma DNIT 005/2003, o nível de classificação das trincas e com codificação para todas as patologias citadas:

Quadro 1 - Resumo dos Defeitos – Codificação e Classificação

FENDAS			CODIFICAÇÃO		CLASSE DAS FENDAS		
FISSURAS			FI		-	-	-
Trincas no revestimento geradas por deformação permanentes 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 a retração térmica ou dissecação da base (solo cimento) ou do revestimento		TTR	FC-1	FC-2	FC3
	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 a fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito			ALP	
		Da trilha	Devido a fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito			ATP	
	De consolidação	Local	Devido a consolidação diferencial ocorrente em camadas do pavimento ou do subleito			ALC	
		Da trilha	Devido a 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 as vezes das camadas inferiores					P		
Remendos			Remendo Superficial		RS		
			Remendo Profundo		RP		

Fonte: NORMA DNIT 005, 2003

Legendas (DNIT 005/2003) Classe das trincas isoladas

- FC-1: trincas menores que 1,0mm e abertura maiores que as fissuras.
- FC-2: trincas maiores que 1,0mm e que não apresentam erosão nas bordas.
- FC-3: trincas maiores que 1,0mm e que apresentam erosão nas bordas.

Classe das trincas interligadas

- Trincas interligadas apresentam classificações como FC-3 e FC-2 caso apresentem ou não erosão nas bordas.

2.4 TÉCNICAS DE RECUPERAÇÕES E MANUTENÇÕES DO ASFALTO

A área de manutenção nos pavimentos é muito importante para diminuição da degradação dos pavimentos, mantendo todas as características funcionais da via e estendendo sua vida útil.

São separados métodos de intervenções como: conservações preventivas ou de rotina, que visam evitar o surgimento de defeitos ou reparar os encontrados; restaurações superficiais, realizada com a finalidade de melhorar as condições do pavimento por meio de recapeamentos, remendos, fresagem, capa selante, lama asfáltica é a reconstrução da troca do material existente da estrutura do pavimento realizada quando os demais processos já não são economicamente viáveis devido ao elevado grau de degradação (DNIT, 2006).

As atividades realizadas para promover as manutenções preventivas e corretivas são basicamente: limpezas de sarjetas, bueiros, valetas, corte da vegetação rasteira próximo ao acostamento para evitar sua expansão no acostamento e facilitar a drenagem, selagem de trincas entre outras (DNIT, 2006).

As técnicas de restaurações superficiais se destinam em reparar os efeitos maléficos encontrados no pavimento por meio de correções previas. Entre os defeitos temos as trincas, os desgastes e as panelas, as correções são:

- Capa selante:

Segundo (SILVA, 2011) capa selante é um serviço executado que consiste na aplicação apenas de ligante asfáltico ou de ligante com agregados, para fins de renovar o revestimento asfáltico, reintegrar o coeficiente de atrito entre pavimento e o pneu, selar trincas com pequenas aberturas, inibir a penetração de água no interior do pavimento e postergar o desgaste causado por intemperismo.

- Lama asfáltica consiste em aplicação de agregados denso em foco de restauração de pavimentos, principalmente nos revestimentos desgastados superficialmente e com um menor grau de trincamento, o resultado dessa aplicação é restaurar o pavimento o deixando praticamente novo e restaurar suas funções programadas inicialmente (DNIT, 2006).

- Micro revestimento asfáltico:

De acordo com (SILVA, 2011) o micro revestimento asfáltico é uma técnica melhorada da lama asfáltica, com um grau de avanço maior, as técnicas se assemelham por usarem o mesmo princípio e concepção, entretanto no micro revestimento asfáltico utiliza emulsões modificadas com polímero para aumentar a vida útil do pavimento.

- Recapeamento:

O recapeamento, é uma atividade onde se refaz a camada superficial do pavimento, nessa atividade muitas das vezes para a recuperação estrutural do pavimento, se faz o recapeamento de duas ou mais camadas sobre o pavimento já existente, uma dessas camadas é para corrigir o nivelamento da camada anterior, geralmente sua espessura varia de 2,5 cm a 5,0 cm (DNIT, 2006).

- Fresagem

É uma técnica de remoção do revestimento antigo, que serve tanto para nivelar a superfície a ser recapeada, como reduzir a energia de propagação de trincas, uma de suas grandes vantagens é a reutilização do material extraído (DNIT, 2006).

2.5 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUPERFÍCIE

As análises de avaliação dos pavimentos dependem do nível de condição da degradação que se encontra a superfície de rolagem, que podem ter ocorrido por problemas naturais, as ações climáticas ou por tempo do tráfego contínuo. Estes ensaios tem o objetivo de ajudar nos procedimentos e estratégias que devem ser realizados nos pavimentos. O DNIT (2006) tem um manual de restauração da pavimentação onde nele é abordado alguns ensaios de análise para avaliação do estado do pavimento, entre eles estão:

- DNIT 005/2003: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos terminologia.
- DNIT 006/2003: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos.

2.5.1 DNIT 006/2003 – Avaliação objetiva da superfície

O ensaio normatizado pelo DNIT 006/2003 tem uma metodologia de cálculo feita através do levantamento qualitativo e quantitativo das patologias encontradas na superfície do pavimento, neste ensaio o levantamento é feito de 20 em 20 metros alternando o lado da rodovia. Após a realização do levantamento das patologias encontradas no pavimento, é feito o cálculo de acordo com a quantidade de vezes que encontramos a patologia na superfície e multiplicamos pelo fator de ponderação desta mesma patologia para se obter o (IGI) Índice de Gravidade Individual, este demonstra a gravidade para cada uma das patologias encontradas, no Quadro 2 temos os fatores de ponderação (DNIT 006/2003).

Quadro 2 - Fatores de Ponderação

TIPO DE OCORRÊNCIA	CODIFICAÇÕES DAS OCORRENCIAS	FATOR DE PONDERAÇÃO fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (TTC, TTL, TLC, TLL, TRR)	0,2
2	J e TB	0,5
3	JE e TBE	0,8
4	ALP, ATP, e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006, 2003

Após o levantamento de todos os valores de (IGI) é feito um somatório de todos para obter o (IGG) Índice de Gravidade Global, este é o resultado que irá classificar a funcionalidade geral do trecho em análise, determinando se aquele pavimento está de acordo com a tabela entre “Ótimo” e “Péssimo” respectivamente conforme o Quadro 3. Através deste parâmetro pode-se determinar quais as decisões necessárias para intervenção da via, (DNIT 006/2003).

Quadro 3 - Conceito de Degradação do Pavimento em Função do IGG

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

Fonte: DNIT 006, 2003

As patologias encontradas nos pavimentos têm uma classificação de acordo com a norma DNIT 005/2003 como mostrado no Quadro 1.

3 METODOLOGIA CIENTÍFICA

Este trabalho foi realizado sobre um estudo de caso, onde foi utilizado a pesquisa mostrada através da revisão bibliográfica de autores e normas do meio acadêmico e técnico, buscando o conhecimento e correlacionado com os problemas gerados e como eles afetam a população, além de técnicas e métodos para quantificá-los e qualificá-los almejando uma abordagem de compreensão para saber entender o fato como um todo, e compreender como é feita a manutenção e prevenção dos problemas abordados que se encontram na presente situação.

Começando o estudo através de um aprofundamento nos estudos teóricos e técnicos sobre os tipos de pavimentos e as patologias neles conforme as diretrizes da norma DNIT 005/2003, buscando entender como se apresentam.

Logo após as pesquisas foi iniciado o levantamento do tipo de superfície do trecho em estudo, conforme foi observado na revisão bibliográfica existem cinco tipos de superfície feita pela terraplanagem elas são: Corte em Rocha (CR), Aterro (A), Seção Mista (SM), Corte (C) ou Ponto de Passagem (PP).

A classificação quanto ao tipo de pista é a pista dupla, por ter duas vias, uma para cada direção de rolamento do tráfego, conforme a norma 006/2003 do DNIT a análise das patologias do pavimento foi separado em 6 trechos, ou estações de estudo, marcadas a cada 20 metros para cada lado da pista, sendo utilizado como base o próprio trecho demarcado pelo DNIT.

Através do método do DNIT 006/2003 foi feito um levantamento quantitativo e qualitativo das patologias encontradas no trecho em estudo, e preenchendo o modelo do anexo B conforme a norma, a catalogação do anexo B é feita em cima das identificações previstas na norma DNIT 005/2003 conforme foi abordado no Quadro 4 deste trabalho, todas as patologias tiveram um registro fotográfico que permitiu identificar suas características.

Fr = frequência relativa é obtida pelo produto da frequência absoluta pela relação do valor cem (100) dividido pelo número de estações encontradas (n) (Equação 1).

$$Fr = fa * \frac{100}{n} \quad (1)$$

Onde:

Fr = frequência relativa

Fa= frequência absoluta (número de vezes que uma patologia foi verificada).

N = número de estações ou áreas de estudo demarcadas.

IGI = índice de gravidade Individual (IGI), calculado por meio da multiplicação da frequência relativa de cada defeito (fr), por seu fator de ponderação (fp) (Equação 2).

$$IGI = fr * fp \quad (2)$$

Onde:

Fr = frequência relativa

Fp = fator de ponderação, de acordo com o Quadro 2.

Finalmente calcula-se o Índice de Gravidade Global (IGG), fazendo o somatório do Índice de Gravidade Individual (IGI) (Equação 3).

$$IGG = \sum IGI \quad (3)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho foi realizado na rodovia MG/116 altura do Km 14, por ser um trecho de pista dupla foi feito análise em ambos os lados da via. Foi utilizado a própria marcação do DNIT no trecho em estudo, a marcação foi medida para confirmação dos comprimentos de 20 metros para cada estação. As patologias encontradas na superfície do pavimento estavam dispostas em seis estações com um total de 120 metros.

Figura 13 – Trecho em estudo



Fonte: Autores, 2019

A análise das patologias define o estado atual da pavimentação obtendo um diagnóstico funcional e seu atual estado. Os dados levantados são fundamentais para definir se é necessária uma manutenção na via e quais os melhores métodos que podem ser empregados na sua restauração. Consegue entender que o estado atual da rodovia se dá pelo tempo de uso, ocasionando fadigas naturais do material por conta do intenso tráfego, e dos fatores climáticos que ocorreram ao longo do tempo, estes são os principais pontos causadores das patologias encontradas.

Abaixo serão abordadas as imagens das patologias encontradas na rodovia em análise começando com a Figura 14, das trincas tipo jacaré

Figura 14 - Trinca tipo jacaré



Fonte: Autores, 2019

A Figura 15, mostra a largura das trincas para classificar o tipo de trinca como abordado na revisão bibliográfica.

Figura 15 - Largura da trinca



Fonte: Autores, 2019

Os estudos realizados por meio das pesquisas de campo, literatura científica e as observações do trecho em estudo, pode-se realizar a contagem e os tipos de patologias encontradas seguindo as especificações da Norma DNIT005/2003. Abaixo está o Quadro 6 para melhor entendimento das patologias encontradas e seus quantitativos.

Quadro 5 - Frequência de patologias em cada trecho

DEFEITO	Trincas Interligadas "Jacaré" (J)	Trincas Interligadas "Jacaré" (JE)	Panelas (P)	Remendos (R)
ESTAÇÃO 1-2	2	1	0	5
ESTAÇÃO 3-4	0	0	0	7
ESTAÇÃO 5-6	3	4	1	2
ESTAÇÃO 7-8	0	0	1	3
ESTAÇÃO 9-10	2	1	0	1
ESTAÇÃO 11-12	1	1	0	4

Fonte: Autores, 2019

A partir desses dados foi possível quantificar a incidência de aparições das patologias e efetuar o cálculo de frequência relativa conforme as ponderações de cada patologia como mostra o Quadro 7 do Dnit 006/2003.

Quadro 6 - Valores de ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2002-TER "Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Terminologia" (ver item 6.4 e Anexo D)	Fator de Ponderação fp
1	Fissuras e Trincas Isoladas (FI, TTC, TTL, TLC, TLL e TRR)	0,2
2	FC-2 (J e TB)	0,5
3	FC-3 (JE e TBE) NOTA: Para efeito de ponderação quando em uma mesma estação forem constatadas ocorrências tipos 1, 2 e 3, só considerar as do tipo 3 para o cálculo da frequência relativa em percentagem (fr) e Índice de Gravidade Individual (IGI); do mesmo modo, quando forem verificadas ocorrências tipos 1 e 2 em uma mesma estação, só considerar as do tipo 2.	0,8
4	ALP, ATP e ALC, ATC	0,9
5	O, P, E	1,0
6	EX	0,5
7	D	0,3
8	R	0,6

Fonte: DNIT 006, 2003

Para o cálculo do índice de Gravidade Global (IGG), calculou-se a frequência relativa (Fr) como mostrado na Equação 1, que é o produto da frequência absoluta (Fa). Com o resultado da frequência relativa e o fator de ponderação de cada patologia, calcula o (IGI) conforme equação 2. Por fim, calcula-se o índice de gravidade global (IGG) que é a soma dos Índices de Gravidade Individual (IGI).

Foi realizado os cálculos de frequência absoluta, índice de gravidade individual e índice de gravidade global no excel, utilizando os fatores de ponderação conforme a norma DNIT 006/2003, abaixo segue o Quadro 8 com os valores e resultados obtidos.

Quadro 7 – Resultado dos cálculos de IGI e IGG

DEFEITO	FREQUENCIA ABSOLUTA	NÚMERO DE ESTAÇÕES	FATOR DE PONDERAÇÃO	IGI
Trincas Interligadas "Jacaré" (J)	8	12	0,5	33,33
Trincas Interligadas "Jacaré" (JE)	7	12	0,8	46,67
Panelas (P)	2	12	1	16,67
Remendos (R)	22	12	0,6	110,00
IGG				206,67

Fonte: Autores, 2019

Após a confirmação do resultado do índice de gravidade global (IGG), foi verificado o estado atual do pavimento através da tabela fornecida pelo DNIT 006/2003, que classifica o estado de funcionalidade da rodovia estudada, conforme o Quadro 9. Com o resultado do (IGG) sendo igual a 206,67 podemos classificar a rodovia como péssima necessitando de uma intervenção para sua manutenção.

Quadro 8 - Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

<i>Conceitos</i>	<i>Limites</i>
<i>Ótimo</i>	$0 < IGG \leq 20$
<i>Bom</i>	$20 < IGG \leq 40$
<i>Regular</i>	$40 < IGG \leq 80$
<i>Ruim</i>	$80 < IGG \leq 160$
<i>Péssimo</i>	$IGG > 160$

Fonte: DNIT 006, 2003

5 CONCLUSÃO

Através do estudo realizado pode-se perceber o quanto o pavimento estudado encontra-se deteriorado em função do grande número de patologias encontradas.

Cataloga-las e quantifica-las como método objetivo de verificação do grau de severidade patológica adquirida pelo pavimento demonstrou-se um método rápido, econômico e de grande confiabilidade, podendo servir de instrumento para outros estudos e conduzir pesquisas futuras indicando que tipo de restauração será mais eficaz ao tráfego do local.

O Índice de Gravidade Global (IGG) encontrado foi muito elevado e relaciona-lo com o grau de deterioração da via tornou-se pertinente quando o resultado obtido confirma o que realmente se sente ao trafegar pelo local. Os quesitos conforto e segurança estão claramente comprometidos quando verificamos as inúmeras patologias catalogadas e quantificadas na área estudada.

Com isso as normas DNIT 005/03 e 006/03 demonstraram ser ferramentas bastante viável para aplicação deste estudo de patologias em pavimentos flexíveis, não somente por causa dos bons resultados matemáticos que proporcionou, mas também por apresentar pouca variabilidade em relação aos fatores estudados.

O trecho estudado possui locais que necessitam de intervenções, mesmo que não sendo apresentado nos resultados, historicamente e atualmente existem problemas de patologia em seu pavimento, que ao longo do tempo, ocasionam danos ao tráfego da rua.

Não existe uma principal causa de patologia em pavimentação, porque a variação delas que vem desde má elaboração de projeto, erro de cálculo, dimensionamento fora do padrão, falhas de execução, e cada uma dessas causas podem gerar mais de uma patologia diferente. Sendo imprescindível a manutenção dos pavimentos para impedir ou corrigir antes que virem patologias.

Com isso, conclui-se que este trabalho será de grande valia para o meio científico, visto que a nossa região carece de estudos sobre patologias em pavimentos flexíveis, e uma proposta para trabalhos futuros é o estudo de patologias em pavimentos rígidos e propondo uma solução para estudo de caso.

REFERÊNCIAS

BALBO, J. T., **Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo. Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B., **Pavimentação asfáltica – formação básica para engenheiros**. 1. ed. Rio de Janeiro, PETROBRAS: ABEDA, 2006.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT dos Transportes Estatísticas Consolidadas**. 2018.

CNT – Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias: principais dados**. 20 ed. CNT, SEST, SENAT. Brasília: 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos Terminologia**. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 006/2003 – PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**, 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

DER – DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Avaliação de pavimentos flexíveis e semi-rígidos por meio de levantamento visual contínuo de defeitos de superfície**. São Paulo, 2006.

DNER – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação: sub-base estabilizada granulometricamente**. Rio de Janeiro, 2009.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE: **Manual de Pavimentação**. Rio de Janeiro, 2006.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES.
DNIT 031/2006 – ES: pavimentação: concreto asfáltico. Rio de Janeiro, 2006.

MARQUES, Geraldo L. O. Pavimentação. **Notas de Aula.** 2012.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação.** Vol. 1. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007.

SILVA, P. F. A. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos.** 2. Ed. São Paulo: PINI, 2008.