



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS POR MEIO DO ÍNDICE DE
GRAVIDADE GLOBAL (IGG): ESTUDO DE CASO NA MGC-491 - MUNICÍPIO DE
VARGINHA/MG

RÚBIA DAYANNE SANTOS RODRIGUES DE SÁ

VARGINHA

2022

RÚBIA DAYANNE SANTOS RODRIGUES DE SÁ

AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG): ESTUDO DE CASO NA MGC-491 - MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Raphael Lúcio Reis dos Santos

VARGINHA

2022

RÚBIA DAYANNE SANTOS RODRIGUES DE SÁ

AVALIAÇÃO SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS POR MEIO DO ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG): ESTUDO DE CASO NA MGC-491 - MUNICÍPIO DE VARGINHA/MG

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Data de aprovação: 09/02/2022

Banca examinadora:

Prof. Me. Raphael Lúcio Reis dos Santos

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade Varginha

Prof. Dr. Armando Belato Pereira

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade Varginha

Prof. Dr. Guilherme de Castro Leiva
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade Belo Horizonte – Departamento de Engenharia de Transportes

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares, amigos, orientador e a todos os professores do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – unidade Varginha-MG.

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado força e sabedoria para completar este ciclo.

Aos meus pais, pelo incentivo e apoio durante toda a minha jornada educacional, por sempre compartilharem dos meus sonhos e por lutar para que eles sempre fossem realizados. Sem vocês esta grande conquista não seria possível. Agradeço muito por serem presentes e por me proporcionar viver esse momento.

Ao meu irmão, cunhada e sobrinhos que sempre torceram pelas minhas conquistas.

Ao meu orientador, Raphael, por todo apoio, paciência, orientação e auxílio, que foram fundamentais para a realização desta monografia.

Aos meus familiares e amigos que sempre estiveram presentes nessa trajetória, que foram grandes conselheiros ao longo desses anos.

À todos os professores e funcionários que compõe o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – unidade Varginha – MG. Ao longo desses anos, todos os professores foram fundamentais para minha construção profissional.

Ao DER-MG unidade regional Varginha e o coordenador Willian Bahia Pimenta, por disponibilizarem que o estudo de caso fosse realizado na MGC-491, e por todo o auxílio para o levantamento em campo.

À equipe da empresa Pavidez, representada pelo Wilson Neto, que realizaram toda a segurança do local durante o levantamento.

RESUMO

As ruas, avenidas e rodovias são pavimentadas para proporcionar conforto e segurança no tráfego de veículos, sendo possível utilizar diferentes tipologias de pavimentos. No Brasil, os mais utilizados são os pavimentos flexíveis, este tipo de pavimento sofre com diversas patologias, o que compromete a vida de serviço da rodovia e a segurança dos usuários. Realizar uma avaliação superficial do pavimento é essencial para verificar o estado da via e a necessidade de intervenções. Logo, este trabalho objetiva aplicar o método de índice de gravidade global (IGG) em um trecho de pista dupla em Varginha-MG, com isso é possível estudar os defeitos presentes nos pavimentos flexíveis, realizar a análise visual do trecho, conhecer a condição do pavimento e propor soluções para os problemas detectados. A fim de desenvolver a pesquisa foi realizado um estudo de caso de um trecho de rodovia de pista dupla, no qual realizou-se a avaliação superficial do pavimento por meio do método IGG. Na aplicação do referido método foi realizado levantamento de dados em campo, onde foram avaliadas as patologias presentes no trecho para verificar a qualidade do pavimento. Os resultados da aplicação do método IGG apontam que a rodovia em questão apresenta conceito de degradação do pavimento péssimo, devido ao elevado número de defeitos presentes no trecho analisado. Para que o segmento de trecho avaliado possa oferecer conforto e segurança aos usuários, propõem-se a realização do recapeamento.

PALAVRAS-CHAVE: defeitos no pavimento, índice de gravidade global, patologias, pavimentos flexíveis.

ABSTRACT

The streets, avenues and highways are paved to provide comfort and safety in vehicle traffic, with the possibility of having different types of pavements. In Brazil, the most used are flexible pavements, a type of pavement that suffers from several pathologies, which compromise the service life of the highway and the safety of users. Performing a surface assessment of the pavement is essential to verify the condition of the road and the need for interventions. Thus, this work aims to apply the global severity index (GSI) method in a double lane stretch of highway in Varginha, MG. This makes it possible to study the defects present in flexible pavements, to perform a visual analysis of the stretch, to understand the condition of the pavement and to propose solutions to the problems detected. In order to develop the research, a case study of a two-lane highway stretch was carried out, in which the surface evaluation of the pavement was carried out using the GSI method. During it, data collection was carried out in the field, in which the pathologies present in the stretch were evaluated to assess the quality of the pavement. The results of the application of the GSI method indicate that the analyzed highway presents a poor level of pavement degradation, due to the high number of defects present in the analyzed sample. In order for the segment to offer comfort and safety to users, a resurfacing job is proposed.

KEYWORDS: pavement defects, global severity index, pathologies, flexible pavements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição da carga no pavimento flexível	18
Figura 2: Distribuição da carga no pavimento rígido.	19
Figura 3: Seção transversal mostrando as camadas do pavimento.	20
Figura 4: Fissuras.....	25
Figura 5: Trinca transversal.....	26
Figura 6: Trinca longitudinal.	27
Figura 7: Trinca tipo couro de jacaré	28
Figura 8: Trinca tipo bloco	28
Figura 9: Afundamento plástico na trilha de roda	29
Figura 10: Afundamento por consolidação na trilha de roda	30
Figura 11: Ondulação no pavimento	31
Figura 12: Escorregamento no pavimento	32
Figura 13: Exsudação no pavimento	32
Figura 14: Desgaste no pavimento.....	33
Figura 15: Panela no pavimento.....	34
Figura 16: Remendo no pavimento	35
Figura 17: Treliça para medir flecha em trilha de roda	36
Figura 18: Demarcação para verificação de patologias	38
Figura 19: Procedimento de recapeamento – SAMI.....	44
Figura 20: Recapeamento com camada de agregados.....	44
Figura 21: Recapeamento e Geotêxtil.....	45
Figura 22: Metodologia.....	47
Figura 23: Trecho no qual houve o levantamento	50
Figura 24: Trecho da MGC-491.....	51
Figura 25: Demarcação de trecho de 20 metros	52
Figura 26: Demarcação do trecho de 6 metros de análise	52
Figura 27: Região de estudo demarcada	53
Figura 28: Trinca transversal e longitudinal.....	54
Figura 29: Trinca tipo bloco.....	54
Figura 30: Trinca tipo "couro de jacaré"	55
Figura 31: Remendo.....	55
Figura 32: Panela	56

Figura 33: Flecha de trilha de roda.....	57
Figura 34: Descida de água	57
Figura 35: Talude	58
Figura 36: Defesa de Concreto	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparativo das patologias nas faixas 1 e 2	59
Gráfico 2: Patologias	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores do fator de ponderação	40
Tabela 2: Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.	41
Tabela 3: Comparativo entre IGG's.	42
Tabela 4: Cálculo do IGG da Faixa 1	61
Tabela 5: Cálculo do IGG da Faixa 2	61

LISTA DE SIGLAS

CNT	Confederação Nacional de Transportes
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IGI	Índice de Gravidade Individual
IGG	Índice de Gravidade Global

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo	15
1.2.1 <i>Objetivo geral</i>	15
1.2.2 <i>Objetivo específico</i>	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Pavimentos	17
2.1.1 <i>Pavimento flexível</i>	17
2.1.2 <i>Pavimento rígido</i>	19
2.2 Pavimento flexível	19
2.2.1 <i>Camadas do pavimento flexível</i>	19
2.2.1.1 <i>Revestimento</i>	20
2.2.1.2 <i>Base</i>	21
2.2.1.3 <i>Sub-base</i>	21
2.2.1.4 <i>Reforço do subleito</i>	22
2.2.1.5 <i>Regularização do subleito</i>	22
2.2.1.6 <i>Subleito</i>	22
2.3 <i>Conservação do pavimento</i>	23
2.3.1 <i>Conservação preventiva rotineira</i>	23
2.3.2 <i>Conservação preventiva periódica</i>	23
2.3.3 <i>Conservação de emergência</i>	23
2.3.4 <i>Restauração</i>	24
2.3.5 <i>Melhoramento da rodovia</i>	24
2.4 <i>Patologias no pavimento flexível</i>	24
2.4.1 <i>Fendas</i>	25
2.4.1.1 <i>Fissuras</i>	25
2.4.1.2 <i>Trincas</i>	25
2.4.2 <i>Afundamentos</i>	29
2.4.2.1 <i>Afundamento plástico</i>	29
2.4.2.2 <i>Afundamento por consolidação</i>	30
2.4.3 <i>Ondulação ou corrugação</i>	30
2.4.4 <i>Escorregamento</i>	31
2.4.5 <i>Exsudação</i>	32
2.4.6 <i>Desgaste</i>	33
2.4.7 <i>Panela ou buraco</i>	33
2.4.8 <i>Remendo</i>	34
2.4.8.1 <i>Remendo profundo</i>	35
2.4.8.2 <i>Remendo superficial</i>	35
2.4.9 <i>Flecha na trilha de roda</i>	36
2.5 <i>Avaliação nos pavimentos</i>	36
2.5.1 <i>Avaliação funcional</i>	36
2.5.2 <i>Avaliação estrutural</i>	37
2.6 <i>Índice de Gravidade Global</i>	37
2.6.1 <i>Valores de IGG</i>	41
2.7 <i>Manutenção e restauração</i>	42

3 METODOLOGIA	46
3.1 Considerações iniciais.....	46
3.2 Aplicação do método de Índice de Gravidade Global (IGG).....	47
3.3 Processo de restauração e manutenção	48
4 ESTUDO DE CASO	49
4.1 Local de estudo	49
4.2 Levantamento em campo	50
4.3 Patologias.....	53
4.4 Análise do local	57
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
6 RECUPERAÇÃO	63
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS....	64
7.1 Considerações finais	64
7.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
APÊNDICE A – Inventário	68

1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o mais utilizado no território nacional, mas apenas 12,3 % das rodovias são pavimentadas e estas proporcionam baixa qualidade aos usuários. Em 2017, uma pesquisa da Confederação Nacional do Transporte (CNT) mostra que 61,8 % de 105.814 km das rodovias brasileiras que possui pavimentação são denominadas como regular, ruim ou péssima. Esse percentual aponta que as condições das rodovias estão críticas, e que a ausência de manutenção é um dos agravadores desta situação (CNT, 2018).

A importância da malha rodoviária se torna cada vez mais expressiva, já que no Brasil este é o principal modal de transporte. Com isso, tem-se a necessidade de implementar o tipo de pavimento mais adequado para cada local, garantindo que os usuários das rodovias possam utilizá-las com segurança e conforto, sendo essencial a realização de manutenções para assegurar a qualidade das vias (CNT, 2017).

O tráfego está diretamente ligado ao dimensionamento da rodovia, já que é um dos principais provenientes de carga. Logo, deve ser considerado de forma correta no dimensionamento, para evitar o surgimento de patologias.

A maior parte das vias pavimentadas é de pavimento flexível, estando presente nas ruas, avenidas e rodovias brasileiras. De acordo com DNIT (2006, p. 95), o pavimento flexível é: “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”.

As patologias estão sempre presentes nos pavimentos flexíveis, no qual pode diminuir a vida útil da via se não tiver as devidas manutenções, além de ocasionar a perda da qualidade para os usuários. Segundo a CNT (2018), as principais patologias que estão presentes nas rodovias brasileiras são: fissuras, trincas transversais, trincas longitudinais, trincas tipo “couro de jacaré” e em bloco, afundamento plástico e por consolidação, ondulação ou corrugação, escorregamento, exsudação, panela ou buraco, desgaste e remendo. Estes problemas tendem a elevar os custos de transporte e ocasionar desconforto aos usuários.

Para avaliação superficial das patologias que ocorrem em pavimentos é utilizado o método do Índice de Gravidade Global (IGG). A Norma DNIT 006/2003 – PRO estabelece a avaliação dos defeitos pelo IGG, por meio de uma avaliação, que

classifica a condição do pavimento de ótimo a péssimo, de acordo com o valor do IGG.

Devido à grande quantidade de patologias existentes nos pavimentos há a busca pela classificação dos defeitos e por medidas mitigadoras para tais problemas. Tendo como finalidade, soluções que corrijam as patologias já presentes nas vias e que possam prevenir a ocorrência de novos problemas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo a CNT (2018), grande parte das rodovias brasileiras apresenta algum tipo de problema, que pode ser em relação ao pavimento, sinalização, dentre outros. As vias que mais apresentam problemas são aquelas administradas pelo setor público.

Ao trafegar por uma rodovia brasileira é comum que o usuário sinta desconforto e falta de segurança, pois boa parte das estradas pavimentadas não oferece a devida segurança. Desta forma, é necessário averiguar as principais patologias presentes em um determinado trecho, uma vez que provavelmente as mesmas também estão presentes em outras rodovias.

A pesquisa consistiu em realizar a análise das patologias presentes em uma determinada rodovia, para tal foi empregado o método do Índice de Gravidade Global (IGG) para identificar a condição do trecho, e, posteriormente, houve a sugestão de melhorias e correções para cada tipo de problema detectado. Logo, o presente trabalho tem o intuito de apresentar os problemas recorrentes que afetam milhares de usuários das rodovias e propor medidas de manutenção e restauração.

No final deste trabalho espera-se detectar os problemas mais recorrentes das estradas pavimentadas e apresentar de maneira detalhada o método do Índice de Gravidade Global (IGG), e a importância da aplicação deste método. E consequentemente, contribuir de maneira positiva, por meio de sugestões de melhoria da via.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é aplicar o método de Índice de Gravidade Global (IGG) em um trecho de rodovia de pista dupla no município de Varginha – MG.

1.2.2 Objetivo específico

- Estudar as patologias presentes nos pavimentos flexíveis;
- Realizar a análise visual e aplicar o método IGG, conforme a norma DNIT 006/2003 – PRO;
- Determinar a condição do trecho analisado;
- Propor soluções para as patologias encontradas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PAVIMENTOS

Uma estrutura que possui diversas camadas constitui o pavimento, e estas camadas devem resistir a esforços estruturais e prover bom nível operacional. Tendo em vista, que é necessário que o pavimento tenha uma boa durabilidade e que proporcione segurança e conforto (CNT, 2017).

Segundo Balbo (2007), normalmente os materiais utilizados na pavimentação são: asfáltico, cimentado, concreto, granulares e solos. Sendo esses aplicados nas devidas camadas da estrutura do pavimento, logo:

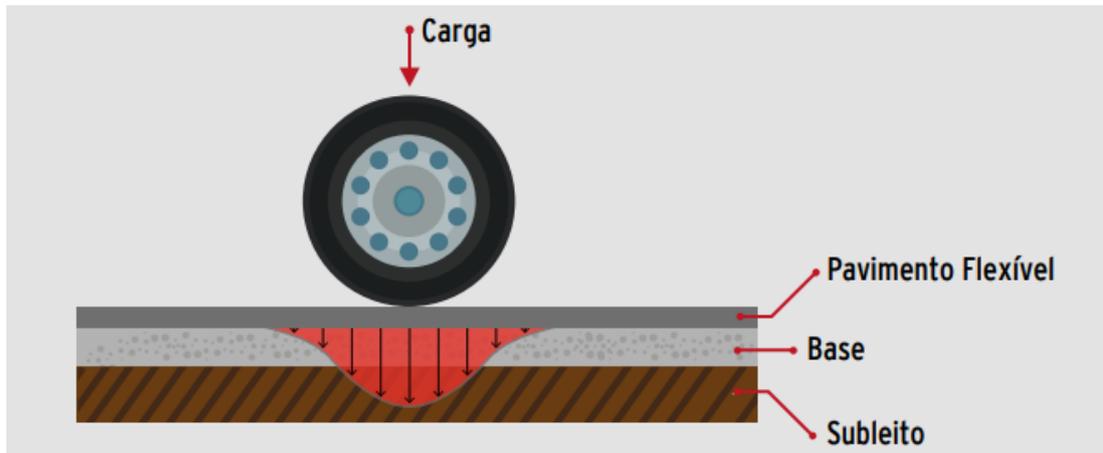
- O material asfáltico pode ser empregado nas camadas de revestimento, base e sub-base;
- O material cimentado pode ser utilizado nas camadas de base, sub-base e reforço do subleito;
- O concreto pode ser empregado nas camadas de revestimento e base;
- Os materiais granulares e solos podem ser utilizados em todas as camadas constituintes do pavimento (revestimento, base, sub-base, reforço do subleito e subleito).

De acordo o manual de Pavimentação do DNIT (2006), a classificação dos pavimentos pode ser de três formas distintas, sendo eles: flexível, rígido e semi-rígido. Estes pavimentos possuem diversas camadas, sendo classificada como superestrutura as com espessura finita, já a camada infinita é composta pelo subleito que é denominada de infraestrutura.

2.1.1 Pavimento flexível

O pavimento flexível é aquele que possui uma deformação elástica significativa, no qual existe equivalência na distribuição de esforços dentre as camadas. A distribuição da carga no ponto de aplicação da força tende a ser bem concentrado, como ilustra a Figura 1 (CNT, 2017).

Figura 1: Distribuição da carga no pavimento flexível.



Fonte: CNT (2017).

Para o dimensionamento do pavimento flexível são utilizados alguns métodos, sendo que no Brasil normalmente o mais empregado é o método do DNER. Do qual, tem-se o dimensionamento da espessura de cada camada que constitui a superestrutura do pavimento (CNT, 2017).

Pinto *et. al.* (2015) classificam os quatro materiais betuminosos utilizados no pavimento, sendo eles:

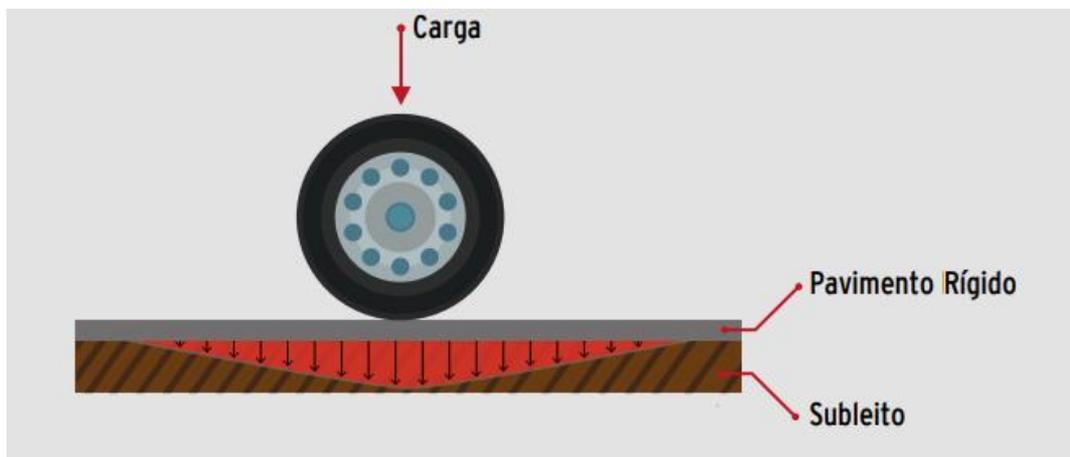
- Cimento asfáltico: ideal para a realização de pavimentos, possuindo diversas propriedades benéficas, por exemplo, a durabilidade. Para utilização, este material deve ser aquecido, sendo este encontrado como cimento asfáltico de petróleo (CAP) e como o cimento asfáltico natural (CAN), extraídos de refinarias e jazidas, respectivamente.
- Asfalto diluído (AD): é proveniente da mistura de cimento asfáltico com solvente. É denominado de acordo com o tempo de cura, podendo ser rápida (CR), média (CM) e lenta (CL).
- Emulsão asfáltica de petróleo (EAP): proveniente da junção de água com asfalto aquecido, em um meio onde tenha agitação e presença de emulsificantes. A classificação deste material pode ser por meio da velocidade de ruptura, logo tem a rápida (RR), média (RM) e lenta (RL). Também é possível classificar por ser um material catiônico ou aniônico, e por meio da viscosidade que é definida em 1 ou 2. As misturas RR são normalmente utilizadas para pintura de ligação, já a RM e RL para mistura com agregados.

- Alcatrão: surge a partir da destilação do alcatrão bruto, no qual é encontrado como alcatrão líquido, viscoso e piche.

2.1.2 Pavimento rígido

O pavimento rígido é aquele que possui a primeira camada com elevada rigidez se comparado com as demais. Logo, a camada do revestimento tende a absorver quase toda tensão provocada pela aplicação da força (DNIT, 2006). A Figura 2 ilustra o comportamento das camadas do pavimento rígido submetido a aplicação de uma carga.

Figura 2: Distribuição da carga no pavimento rígido.



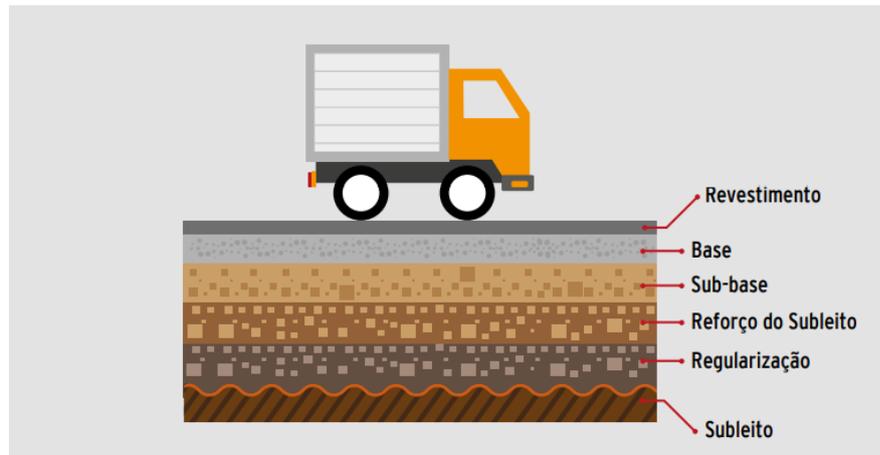
Fonte: CNT (2017).

2.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL

2.2.1 Camadas do pavimento flexível

O pavimento flexível possui em sua estrutura diversas camadas que o compõe, na qual é responsável por receber a aplicação de carga que é transmitida a todas as camadas de maneira correta, para evitar que apareçam patologias no pavimento. Conforme ilustra a Figura 3, as camadas que compõe a estrutura do pavimento são: revestimento, base, sub-base, reforço do subleito, regularização e subleito (CNT, 2017).

Figura 3: Seção transversal mostrando as camadas do pavimento.



Fonte: CNT (2017).

2.2.1.1 Revestimento

O revestimento é a camada que está diretamente em contato com o ambiente podendo ocasionar maiores degradações. Também é a camada que recebe diretamente a carga proveniente dos veículos, logo deve ser dimensionada para resistir aos esforços (BERNUCCI *et al.*, 2008).

O Brasil tem como principal material para a realização de pavimentos, os asfaltos. A qualidade deste material está inteiramente ligada aos fatores ambientais no qual o produto está exposto, e em relação à boa aplicação do material (PINTO *et al.* 2015).

Considerado como uma das principais camadas do pavimento, o revestimento deve possuir um dimensionamento adequado para garantir maior qualidade. A espessura do revestimento é definida mediante a necessidade, em vias simples a tendência é de utilizar a espessura de 3 a 5 cm, e em vias duplas ou demais, usualmente tem camadas mais espessas que variam de 7,5 a 10 cm (SENÇO, 2007).

Segundo a CNT (2017), o revestimento é formado por duas ou mais camadas, sendo que elas devem ser distintas. As possíveis camadas que geram o revestimento são:

- Camada de rolamento: também denominada como camada de desgaste, capa de rolamento ou revestimento. Essa é a camada que tem ligação

direta com o ambiente e com o recebimento da carga, sendo a mais superficial;

- Camada de ligação ou binder: constituída de material asfáltico, e proporciona a ligação da camada de rolamento com a base do pavimento;
- Camada de nivelamento ou reperfilagem: é aquela camada que corrige os problemas de níveis presentes na pista e deixa o greide nivelado;
- Camada de reforço ou recape: utilizada quando o pavimento sofre com patologias e necessita de uma nova camada de rolamento.

2.2.1.2 Base

A base recebe a camada do revestimento e tem a função de receber as cargas e distribuí-las. Os materiais utilizados na composição da base determinam a qualidade e a capacidade de suporte desta camada (CNT, 2017).

“As bases podem ser executadas utilizando-se solos, misturas de solos, brita, misturas de solos com outros componentes (areia, brita, cimento etc.) ou outras soluções determinadas em projeto.” (JÚNIOR, 2014, p. 172)

Algumas normas técnicas orientam quanto a utilização dos materiais nas bases, como exemplo disso têm-se as normas DNIT 141/2010 – ES, DNIT 142/2010 – ES, DNIT 143/2010 – ES, que são em relação à base estabilizada granulometricamente, de solo melhorado com cimento e solo-cimento, respectivamente (JÚNIOR, 2014).

É habitual utilizar a imprimação sobre a base para promover a coesão, ajuda na fixação e impermeabilização com a camada superior (revestimento). Sendo que ocorre a infiltração da imprimação na camada (CNT, 2017).

2.2.1.3 Sub-base

A sub-base é uma camada que possui função estrutural e utiliza-se materiais como solo, mistura de solos e solos com areia, brita ou cimento. E para a escolha do material para a sub-base há normas técnicas que regulamentam o uso (JÚNIOR, 2014).

Quando é necessária uma base muito espessa é normal que seja utilizada a sub-base, como forma complementar. Além de resistir a esforços, está camada

também é capaz de realizar a drenagem. Em relação ao material utilizado este possui normalmente propriedades inferiores à da base e superiores ao da camada debaixo (CNT, 2017).

2.2.1.4 Reforço do subleito

Após o subleito ser regularizado é feito o seu reforço com material de qualidade inferior ao da camada de sub-base, superior ao material do subleito. Permanece por toda camada com a espessura constante (DNIT, 2007).

A constância da espessura do reforço do subleito ocorre na seção transversal, já na longitudinal pode sofrer alterações. Essa camada completa a da sub-base, e consegue suportar e distribui os esforços. Sua aplicação faz se necessária em locais onde o subleito possui baixa qualidade ou quando há uma demanda intensa de esforços (CNT, 2017).

2.2.1.5 Regularização do subleito

A Norma DNIT 137/2010 – ES estabelece as especificações de serviço para que seja realizada a regularização do subleito. Na qual define que a regularização do subleito como a conformação do leito estradal.

A regularização do subleito não é denominada como uma camada, é considerada apenas como uma faixa que regulariza e que corrige algumas falhas do leito. Em algumas situações o revestimento é aplicado sobre o subleito, neste caso, utiliza-se uma espessura máxima de 20 cm para regularização (CNT, 2017).

2.2.1.6 Subleito

O subleito é composto pelo próprio material do terreno e é sobre o subleito que as outras camadas são colocadas. As análises realizadas nesta camada são delimitadas pela significância da ação da carga, ou seja, é estudado até o ponto onde o esforço é significativo, no qual costuma variar a uma profundidade de 60 centímetros até 1,5 metros (CNT, 2017).

2.3 CONSERVAÇÃO DE VIAS

O Manual de Conservação Rodoviária do DNIT divide em cinco tarefas o processo de conservação, e defini que:

A conservação rodoviária compreende o conjunto de operações rotineiras, periódicas e de emergência realizadas com o objetivo de preservar as características técnicas e físico-operacionais do sistema rodoviário e das instalações fixas, dentro de padrões de serviço estabelecidos (DNIT, 2005, p. 99).

Para Senço (2001) a realização da conservação do pavimento tem o intuito de promover qualidade e segurança para as pessoas que utilizam as vias. Logo, sempre que apareça algum problema, este deve ser corrigido para que seja ofertado um pavimento similar ao construído inicialmente.

2.3.1 Conservação preventiva rotineira

É um tipo de conservação que tem o intuito de realizar melhoria em locais que precisam de reparo. Normalmente, as trincas passam pela selagem, há a realização de remendos, recomposição de obras de drenagem, dentre outros (CNT, 2017).

2.3.2 Conservação preventiva periódica

São reparos realizados com periodicidade que visam impedir a piora de patologias já existentes e o surgimento de novas. Um exemplo típico de conservação preventiva periódica é a realização do trabalho conhecido como tapa-buraco (DNIT, 2005).

2.3.3 Conservação de emergência

A conservação de emergência acontece quando alguma ocorrência imprevista implica na interrupção do tráfego. Nesta situação é necessária a realização de atividades que sanem o problema, para que o trânsito volte a funcionar normalmente (DNIT, 2005).

2.3.4 Restauração

Este tipo de conservação visa restituir na íntegra o pavimento que apresenta defeito e prover um pavimento com qualidade, que possa oferecer um bom funcionamento e que possua aumento da vida útil (DNIT, 2005).

2.3.5 Melhoria da rodovia

O melhoramento da rodovia aumenta ou modifica as características com o intuito de proporcionar maior qualidade para a utilização. Um exemplo deste tipo de conservação é aplicação de novos sistemas de drenagem, para realizar o melhoramento do sistema (CNT, 2017).

2.4 Patologias no pavimento flexível

O pavimento encontra-se suscetível a possíveis problemas devido ao uso constante, as solicitações e ao ambiente no qual está exposto. Há algumas maneiras para avaliar a funcionalidade do pavimento e medidas de controle para conseguir proporcionar maior qualidade (CNT, 2017).

As patologias surgem por diversos motivos, podendo ser proveniente de problemas na realização de projetos, no tipo de material utilizado, de questões construtivas, dentre outras. E tais defeitos podem aparecer de forma mais rápida ou lenta (ANTE, 2012).

Projetos contendo falhas é um influenciador no surgimento de patologias, isso ocorre pela dificuldade de estabelecer corretamente a demanda de tráfego do local e pela falta de dados referentes à carga que o pavimento recebe. Outros problemas em projeto são: a indicação de material de difícil acesso ou que não seja o ideal para a camada; problemas em relação ao dimensionamento do sistema de drenagem; determinação de camadas que apresentam interferência entre si, podendo ocasionar fadiga (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Bernucci *et al.* (2008), também mencionam os problemas ocasionados pela execução da obra, que são: camadas com espessura inferior a estipulada; compactação má realizada; misturas asfálticas com compactação inadequada, muitas vezes na temperatura incorreta; dentre outros.

2.4.1 Fendas

A norma DNIT 005/2003 define as fendas como as aberturas que podem ocorrer de diferentes formas. As fissuras e trincas englobam o grupo das fendas.

2.4.1.1 Fissuras

A norma DNIT 005/2003 preconiza que as fissuras (FI) são fendas que para serem percebidas devem ser avaliadas em um distanciamento que seja inferior a 1,50 m e podem aparecer na transversal, longitudinal ou obliquamente. Este tipo de abertura não causa danos funcionais, por isso os métodos de avaliação não consideram para a análise. A Figura 4 ilustra a fissura.

Figura 4: Fissuras.



Fonte: CNT (2017)

Este tipo de patologia normalmente surge devido à má compactação e a dosagem incorreta do asfalto. Ressalta-se que as fendas têm uma extensão máxima de 30 cm (CNT, 2017).

2.4.1.2 Trincas

De acordo com o DNIT 005/2003 as trincas são aberturas facilmente vistas e que são mais espessas que a fenda. São subdividas em isoladas (transversal, longitudinal e de retração) e as interligadas (tipo couro de jacaré e tipo bloco):

- Trinca transversal.

Segundo a norma DNIT 005/2003 as trincas transversais (Figura 5) podem ser divididas em curtas (TTC, com extensão de até um metro) e longas (TTL, comprimento superior a um metro). Essas são encontradas ortogonalmente ao eixo da pista.

Figura 5: Trinca transversal.



Fonte: DNIT (2003b).

Esse tipo de trinca é ocasionado pela presença de trincas em camadas abaixo da asfáltica e por contração que ocorre na parte asfáltica, que pode ser causada por baixas temperaturas ou mesmo pelo endurecimento do asfalto. A trinca transversal faz parte dos problemas funcionais e estruturais (CNT, 2017).

- Trinca longitudinal.

Ocorre na direção paralela ao eixo da pista e podem ser encontradas como curtas (extensão de até um metro) e longas (extensão superior a um metro). São provenientes geralmente devido a recalque diferencial, a erro na execução de juntas que separação as pistas de tráfego, contração gerada por baixa temperatura e a existência de trincas em camadas inferiores à da camada asfáltica. Sua existência no pavimento pode causar danos estruturais e funcionais (CNT, 2017). A Figura 6 ilustra a trinca longitudinal.

Figura 6: Trinca longitudinal.

Fonte: CNT (2017).

- Trinca de retração

De acordo com a norma do DNIT 005/2003, diferente das demais trincas que ocorre devido fadiga, esta acontece por causa da retração que pode ser devido a questões térmicas do material ou da base.

- Trinca tipo couro de jacaré

A trinca tipo couro de jacaré (Figura 7) é aquela formada pela junção de diversas trincas, na qual possui uma aparência similar ao do couro de jacaré, na qual interfere nas questões estruturais do pavimento. Essa surge a partir do recebimento constante de ações proveniente do tráfego que pode gerar colapso, da falta de qualidade de uma ou todas as camadas da estrutura, da pequena capacidade de suportar cargas, da finalização da vida útil do pavimento (CNT, 2017).

Figura 7: Trinca tipo couro de jacaré.



Fonte: DNIT (2003b).

- Trinca tipo bloco

É composto por diversas trincas que juntas apresentam um formato bem similar ao de um bloco, onde provoca danos estruturais e funcionais. Pode ser ocasionada devido à grande variação de temperatura que implica na retração e a uma pequena resistência à tração do material asfáltico (CNT, 2017). A Figura 8 ilustra uma trinca do tipo bloco.

Figura 8: Trinca tipo bloco.



Fonte: DNIT (2003b).

2.4.2 Afundamentos

A norma DNIT 005/2003 divide os afundamentos em dois tipos, sendo o plástico e o por consolidação, sendo que é uma deformação permanente no pavimento.

2.4.2.1 Afundamento plástico

É uma deformação permanente juntamente com levantamento, no qual promove danos funcionais e que podem ser classificados como afundamento local (comprimento máximo de seis metros) e afundamento de trilha de roda (comprimento superior a seis metros e sendo localizado na trilha de roda). Pode ser causado pela fluência plástica que pode ocorrer no pavimento ou no subleito, mau dimensionamento da dosagem onde pode ter alta quantidade de ligante asfáltico, e dimensionamento incorreto relacionado à escolha do material (CNT, 2017). A Figura 9 demonstra o afundamento plástico na trilha de roda.

Figura 9: Afundamento plástico na trilha de roda.



Fonte: CNT (2017).

2.4.2.2 Afundamento por consolidação

O afundamento por consolidação (Figura 10) possui a mesma classificação do afundamento plástico, mas neste caso não há a presença de solevamento. As causas para esta patologia são normalmente problemas com drenagem, compactação mal realizada, ruptura por cisalhamento em camadas abaixo do revestimento e a fluência plástica que pode ocorrer no pavimento ou no subleito (CNT, 2017).

Figura 10: Afundamento por consolidação na trilha de roda.



Fonte: CNT (2017).

2.4.3 Ondulação ou corrugação

“Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento.” (DNIT, 2003, p.3).

As causas da ondulação (Figura 11) são diversas, sendo normalmente o excesso de umidade existente no solo, a mistura asfáltica com carência de

estabilidade ou contaminação, nas misturas líquidas de asfalto pode haver a ausência de areação, dentre outros. Vale ressaltar que esta patologia não causa danos estruturais, apenas funcionais (CNT, 2017).

Figura 11: Ondulação no pavimento.



Fonte: DNIT (2003b).

2.4.4 Escorregamento

“Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua.” (DNIT, 2003, p. 3)

O escorregamento, como ilustrado na figura 12, é uma patologia que prejudica funcionalmente o pavimento. Este defeito aparece normalmente devido possíveis problemas na construção e na pintura (CNT, 2017).

Figura 12: Escorregamento no pavimento.



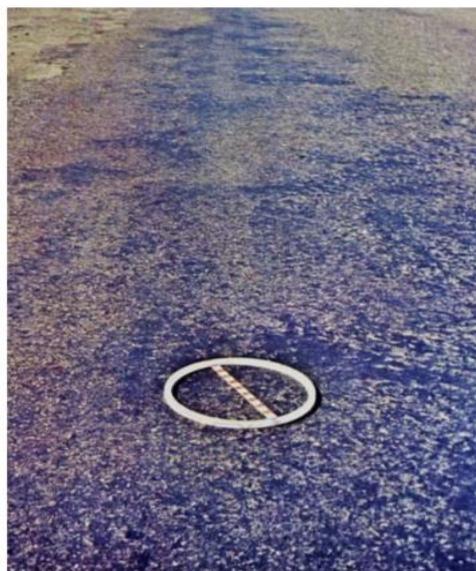
Fonte: DNIT (2003).

2.4.5 Exsudação

É um problema no qual é identificado muito material de ligante betuminoso na camada em contato com a superfície. Surge devido a passagem do ligante por meio do revestimento. (DNIT, 2003).

As causas que costuma gerar a exsudação (Figura 13) é a utilização em grande proporção de ligante e a baixa quantidade de vazios existentes. Esta patologia se caracteriza por danificar o pavimento de maneira funcional (CNT, 2017).

Figura 13: Exsudação no pavimento.



Fonte: DNIT (2003b).

2.4.6 Desgaste

Nesta patologia ocorre a saída do agregado na superfície, normalmente provocado pelo tráfego, que produz esforços no pavimento (DNIT, 2003).

O desgaste (Figura 14) se caracteriza por produzir problemas funcionais no pavimento. As causas podem ser oriundas da má conexão do agregado com o ligante, do teor do ligante, má execução, problemas na realização de misturas (CNT, 2017).

Figura 14: Desgaste no pavimento



Fonte: DNIT (2003b).

2.4.7 Panela ou buraco

Os buracos (Figura 15) são cavidades de diferentes dimensões presentes no pavimento, caracterizando-se como um problema funcional. Podem ser ocasionados por trincas provenientes de fadiga, problemas de compactação, solo com muita umidade, defeito na execução da imprimação (CNT, 2017).

Figura 15: Panela no pavimento



Fonte: DNIT (2003)

2.4.8 Remendo

O remendo subdivide em superficial e profundo e consiste no preenchimento da panela (DNIT, 2003b.).

O remendo (Figura 16) é considerado uma patologia que danifica funcionalmente e estruturalmente o pavimento. Pode ser causada pela utilização de materiais de baixa qualidade, execução mal realizada, a carga proveniente do tráfego e pela exposição ao meio ambiente (CNT, 2017).

Figura 16: Remendo no pavimento.



Fonte: CNT (2017).

2.4.8.1 Remendo profundo

Habitualmente com forma retangular, é o processo em que a camada do revestimento é trocada por outra e uma ou mais camadas também são substituídas (DNIT, 2003b).

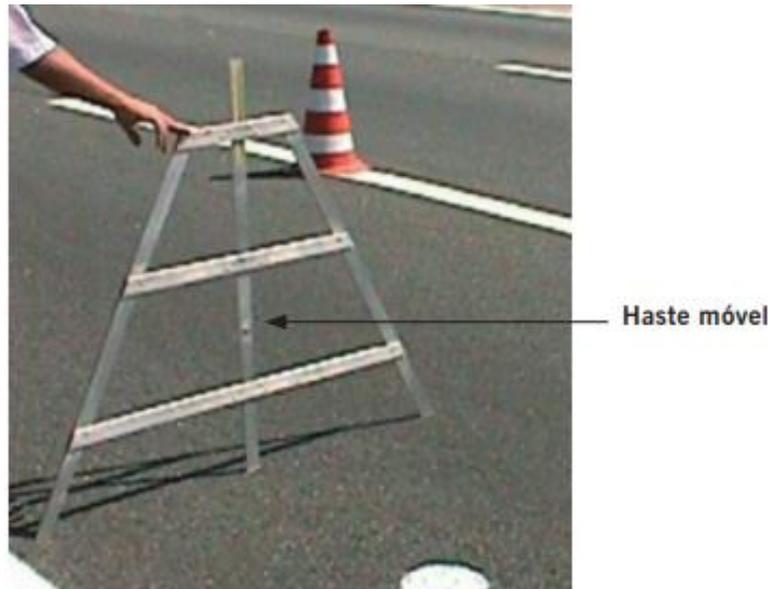
2.4.8.2 Remendo superficial

O remendo superficial é aquele realizado para melhoria em locais pontuais, apenas com a utilização de material betuminoso, ocorrendo apenas na camada de revestimento (DNIT, 2003b).

2.4.9 Flecha na trilha de roda

De acordo com a norma DNIT 006/2003-PRO, a flecha na trilha de roda é designada como uma deformação permanente, que pode ocorrer internamente ou externamente, medidas por uma treliça (Figura 17).

Figura 17: Treliça para medir flecha em trilha de roda.



Fonte: BERNUCCI *et. al* (2008).

2.5 Avaliação nos pavimentos

Os pavimentos podem ser avaliados tanto no âmbito funcional quanto estrutural. A avaliação pode direcionar a necessidade de possíveis intervenções para a melhoria, sendo realizada com o intuito de identificar os problemas do pavimento (CNT, 2017).

2.5.1 Avaliação funcional

O Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos define que “o desempenho funcional se refere à capacidade do pavimento de satisfazer sua função principal, que é a de fornecer uma superfície com serventia adequada em termos de qualidade de rolamento.” (DNIT, 2006, p.41).

Para realizar a avaliação funcional dos pavimentos alguns métodos são utilizados, sendo eles: Valor de Serventia Atual (VSA); Levantamento Visual Contínuo (LVC); Índice de Gravidade Global (IGG); Índice de Irregularidade Internacional (IRI) (CNT, 2017).

2.5.2 Avaliação estrutural

A análise do desempenho estrutural busca avaliar as condições estruturais em que o pavimento se encontra. Com a avaliação da necessidade ou não de intervenções de manutenção, é possível direcionar as possíveis medidas de correção a serem realizadas (DNIT, 2006).

A avaliação estrutural pode ser realizada com métodos destrutivos que há a necessidade da coleta de amostra. Métodos não destrutivos também podem ser utilizados, neste caso, a avaliação é realizada em campo (CNT, 2017).

2.6 Índice de Gravidade Global

A descrição completa para a aplicação do método de Índice de Gravidade Global é regida pela Norma DNIT 006/2003 – PRO (Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento). Esta norma aponta as diretrizes para realizar a avaliação do pavimento, apresentando metodologia de cálculo, planilha e inventário para aplicação do método.

Inicialmente a Norma DNIT 006/2003 – PRO apresenta definição da flecha da trilha de roda, da superfície de avaliação e de toda a terminologia que será necessária para aplicar o método. Sendo esse aplicado em duas distintas situações, em rodovia de pista única ou com mais de uma pista.

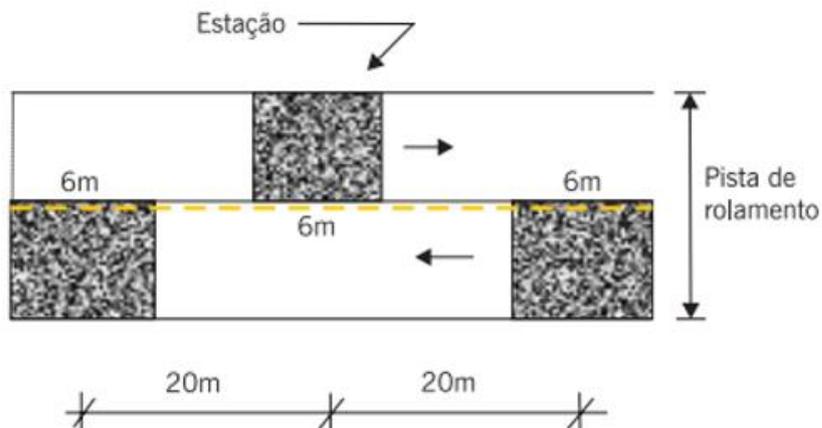
Para aplicação do método são necessários alguns aparelhos, sendo eles:

Treliça de alumínio, padronizada, tendo 1,20m de comprimento na base, dotada de régua móvel instalada em seu ponto médio e que permite medir, em milímetros, as flechas da trilha de roda; equipamento e material auxiliar para localização e demarcação na pista das estações de avaliação; tais como: trena com 20m, giz, tinta, pincel, formulários etc. (DNIT, 2003, p. 3)

De acordo com a norma DNIT 006/2003 – PRO, em locais com pista simples a análise deve ser realizada nas regiões demarcadas, na qual a cada 20 m de cada lado da pista alternando, logo a cada 40 m de cada lado da pista. A cada ponto

marcado avalia-se 3 m posterior e 3 m inferior ao ponto marcado, delimitando assim uma extensão de 6 m para a análise. Já em rodovias, com mais de uma pista, a demarcação da extensão é análoga ao da pista única, mas para localizar os pontos, é necessário selecionar a pista com maior intensidade de tráfego e marcar um ponto a cada 20 m. A Figura 18 ilustra as demarcações do trecho que é avaliado na aplicação do método.

Figura 18: Demarcação para verificação de patologias.



Fonte: BERNUCCI *et. al* (2008).

Segundo a norma DNIT 006/2003-PRO, após demarcar as regiões para estudo, o trecho passa por análise e todos os dados detectados são repassados para um inventário do estado da superfície do pavimento, no qual há lacunas para preenchimento de cada patologia encontrada. Após toda a coleta de dados é calculada a frequência relativa, obtida a partir da frequência absoluta (quantidade de vezes que o problema foi analisado) e da quantidade de estações avaliadas, conforme a Fórmula 1.

$$f_r = \frac{f_a \times 100}{n} \quad (1)$$

f_r : frequência relativa;

f_a : frequência absoluta;

n : número de estações.

Para as flechas de trilha de roda, a norma DNIT 006/2003-PRO estabelece o seguinte cálculo:

Para as rodovias de pista simples, a média (\bar{x}) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE de ambas as faixas de tráfego. No caso de “terceiras faixas”, estes parâmetros devem ser considerados separadamente; para as rodovias de pista dupla, a média (\bar{x}) e a variância (s^2) das flechas medidas nas TRI e TRE das faixas de tráfego mais solicitadas de cada pista, separadamente (DNIT, 2003a, p.4).

As fórmulas para cálculo são:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3)$$

\bar{x} : média aritmética;

x_i : valores individuais;

s : desvio padrão;

s^2 : variância.

De acordo a norma DNIT 006/2003-PRO, o Índice de Gravidade Global (IGG) é obtido pela soma do Índice de Gravidade Individual (IGI), e para obter o IGI é necessário utilizar frequência relativa e fatores de ponderação, conforme a Fórmula 4. Estes fatores são determinados de acordo com o tipo de defeito, como mostra a tabela 1. Mas para as flechas este fator é definido: igual a 4/3 quando a média aritmética das flechas for até 30, quando superior a 30, o valor do IGI é de 40; igual a 1 quando a média das variâncias for até 50, e quando superior a 50, o valor do IGI é 50.

$$IGI = f_r \times f_p \quad (4)$$

f_p : fator de ponderação

Tabela 1:Valores do fator de ponderação

Ocorrência Tipo	Codificação de ocorrências de acordo com a Norma DNIT 005/2022-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 foram 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 verificados 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 (2003a).

Como o Índice de Gravidade Global (IGG) é soma dos Índices de Gravidade Individual (IGI), tem-se:

$$IGG = \sum IGI \quad (5)$$

Com o Índice de Gravidade Global é possível mensurar quantitativamente a condição que se encontra o pavimento estudado, e com isso a análise da necessidade ou não de medidas de reparo (SENÇO, 2001).

A partir do valor obtido dos cálculos tem-se a avaliação em conceito do estado que se encontra o pavimento, podendo ser ótimo, bom, regular, ruim e péssimo.

Essa análise se dá mediante aos limites do IGG estabelecidos pela norma DNIT 006/2003-PRO, conforme mostra a tabela 2.

Tabela 2: Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG.

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

Fonte: DNIT (2003a).

2.6.1 Valores de IGG

Na literatura é possível verificar pesquisas relacionadas à aplicação do método IGG em diferentes situações.

Silva (2019) aplicou o método IGG em uma pista simples que somente ônibus podem transitar na cidade de Goiânia. A análise ocorreu nas duas faixas da pista, onde se obteve um IGG de 142,4 e 149,6, na faixa 1 e 2 respectivamente. No qual houve 100 estações analisadas, 50 referente a cada faixa. Estes valores indicam que ambas as faixas analisadas apresentam uma classificação ruim.

O método IGG foi aplicado em um trecho reconstruído de uma rodovia da Paraíba (PB-111), esta apresentou uma péssima condição, pois o IGG foi de 167. Este valor foi referente ao cálculo realizado para um total de 50 estações. O autor ainda ressalva que tal resultado pode ser considerado ao longo de vários trechos da rodovia, pois há diversos pontos com problemas similares aos encontrados neste trecho (GUEDES, 2016).

Uma rua de 210 metros de Belford Roxo-RJ, foi analisada de acordo com o método IGG. Na qual apresentou como resultado o valor de 165,6, tal número indica que o pavimento analisado apresenta uma péssima condição. Como a rua possui uma pequena extensão, houve apenas 11 estações analisadas (RODRIGUES; VAZ, 2016)

Na Tabela 3 é possível verificar as informações resumidas dos estudos citados.

Tabela 3: Comparativo entre IGG's.

Autor	Local	Nº estações	IGG	Conceito
Silva	Pista de ônibus	50	142,4	Ruim
		50	149,6	Ruim
Guedes	Rodovia reconstruída	50	167	Péssimo
Rodrigues; Vaz	Rua	11	165,6	Péssimo

Fonte: Da autora (2022).

2.7 Manutenção e restauração

Os pavimentos flexíveis podem apresentar patologias relacionadas a problemas funcionais e estruturais, e a restauração a ser realizada está diretamente interligado ao tipo de problema.

Caso sejam detectadas patologias na avaliação funcional do pavimento, há opções de correções destas. Para isso, são utilizados alguns tipos de revestimento como medida corretiva, como: a lama asfáltica, tratamento superficial simples, microrrevestimento asfáltico a frio, concreto asfáltico e mistura do tipo camada porosa de atrito. Todas as opções de correção devem ser realizadas de acordo com a norma e deve-se atentar a necessidade de realizar ou não a combinação destes materiais. Outra fase de correção que deve ser analisada é em relação a retirada do revestimento já existe (BERNUCCI *et al.*, 2008).

As diversas combinações entre os tipos de revestimento podem apresentar o tipo ideal de solução para a patologia apresentada. BERNUCCI *et.al* (2008) apresentam algumas combinações e sua respectiva função, dentre elas têm-se:

- (1) Microrrevestimento asfáltico com camada porosa de atrito: tem o intuito de diminuir a reflexão de trincas e de auxiliar na impermeabilização;
- (2) Retirada do pavimento por fresagem, combinado com a utilização de concreto asfáltico (tipo massa fina no processo de reperfilagem) e microrrevestimento a frio: para pavimentos com elevado índice de trincas ou que possui desgaste devido a intenso tráfego;
- (3) Processo análogo ao item 2 acrescido apenas de tratamento superficial simples: solução para pavimentos com alta taxa de trincamento e para as superfícies que precisam de melhor estrutura de rolamento;

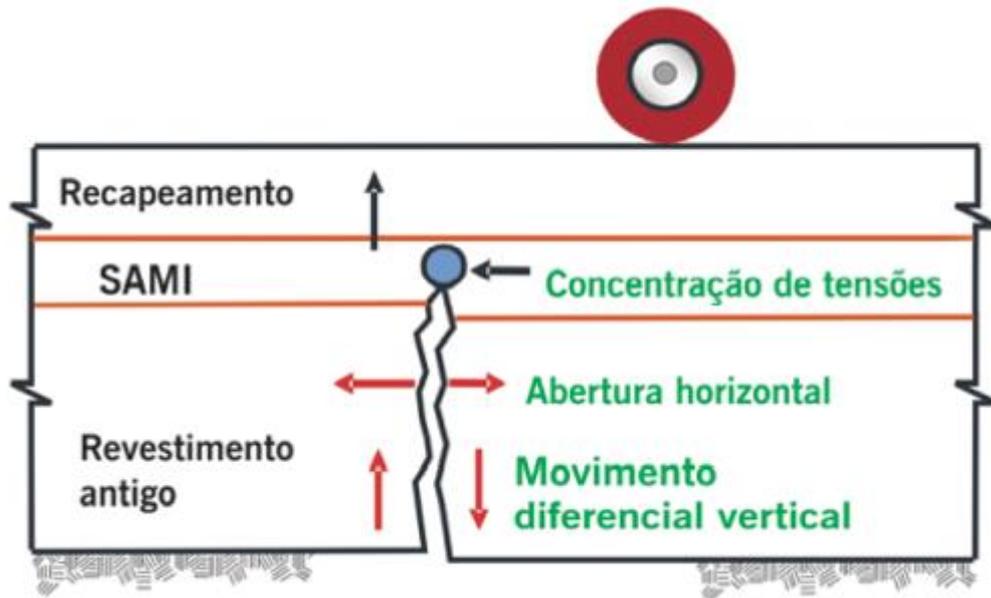
Quando a patologia é proveniente de um problema estrutural tem-se a opção de realizar o recapeamento, que consiste em produzir novas camadas. Sendo que, quando há o intuito de precaver a incidência de trincas no pavimento novo, que podem ser advindas do pavimento antigo, é recomendado remover todo o revestimento existente por fresagem, antes de realizar o recapeamento. Outra opção para a correção de problemas estruturais no pavimento é o tratamento da camada já existente. (BERNUCCI et al., 2008).

O reforço que também é denominado como recapeamento, é um tipo de restauração que visa proporcionar maior qualidade e conforto para os usuários, além de contribuir em um melhor desempenho estrutural (BALBO, 2007).

Segundo Bernucci *et al.*, (2008), quando há um pavimento antigo e é realizado o recapeamento, pode surgir trincas por reflexão, que ocorrem de maneira acentuada em locais frios e com intenso fluxo de veículos. Para solucionar ou minimizar tal problema, no processo de recapeamento podem ser tomadas medidas, sendo algumas medidas:

- Executar camadas intermediárias para alívio de tensões, na qual são realizadas sobre o pavimento existente com patologias. Esse procedimento é normalmente conhecido como SAMI (*stress absorbing membrane interlayer*), a Figura 19 apresenta o esquema deste procedimento, no qual demonstra como ocorre o bloqueio das tensões perante ao pavimento do recapeamento.

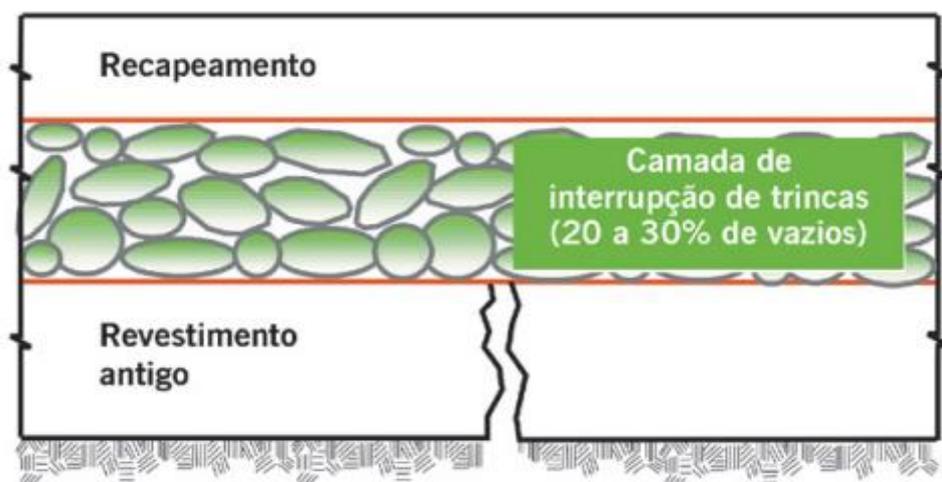
Figura 19: Procedimento de recapeamento – SAMI.



Fonte: BERNUCCI *et. al* (2008).

- Camadas com agregados, que pode ser utilizada em conjunto com pouco material de ligante asfáltico. Os agregados desta camada podem apresentar dimensões variadas, desde que apresente poucos finos, sendo assim uma camada com vazios, no qual recebe a camada de recapeamento e evita o surgimento de trincas (Figura 20).

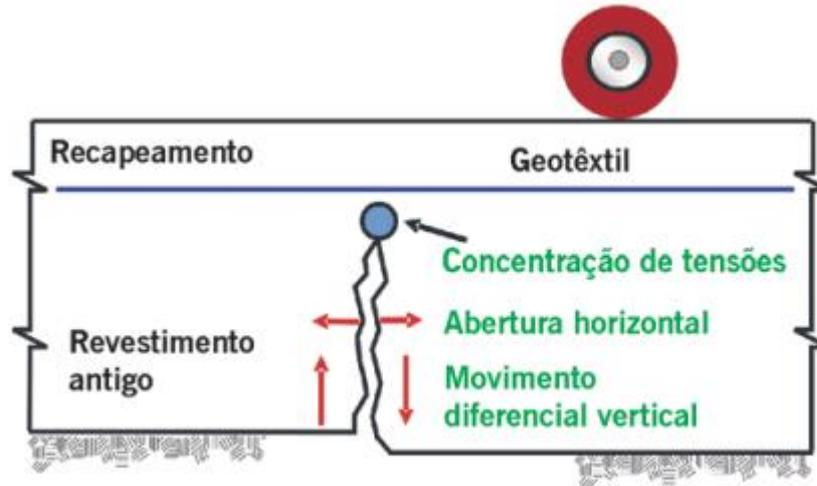
Figura 20: Recapeamento com camada de agregados.



Fonte: BERNUCCI *et. al* (2008).

- O uso de geossintéticos atua no controle de trincas, a Figura 21 representa a proteção do geotêxtil em relação ao recapeamento.

Figura 21: Recapeamento e Geotêxtil.



Fonte: BERNUCCI *et. al* (2008).

Os geossintéticos podem atuar de duas maneiras em um revestimento: desviando as trincas ou convertendo as trincas em microfissuras ao se propagarem. Quando são usados geotêxteis impregnados com asfalto na interface, precisa-se de uma taxa maior de ligante asfáltico do que a obtida com uma pintura de ligação convencional (ANTE, 2012, p. 13).

“O SAMI (*Stress Absorbing Membrane Interlayer*), consiste em um tratamento superficial com asfalto-borracha com o objetivo de prevenir e/ou retardar a formação de trincas por reflexão em pavimentos asfálticos” (FAGUNDES *et al.*, 2017, p.2).

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

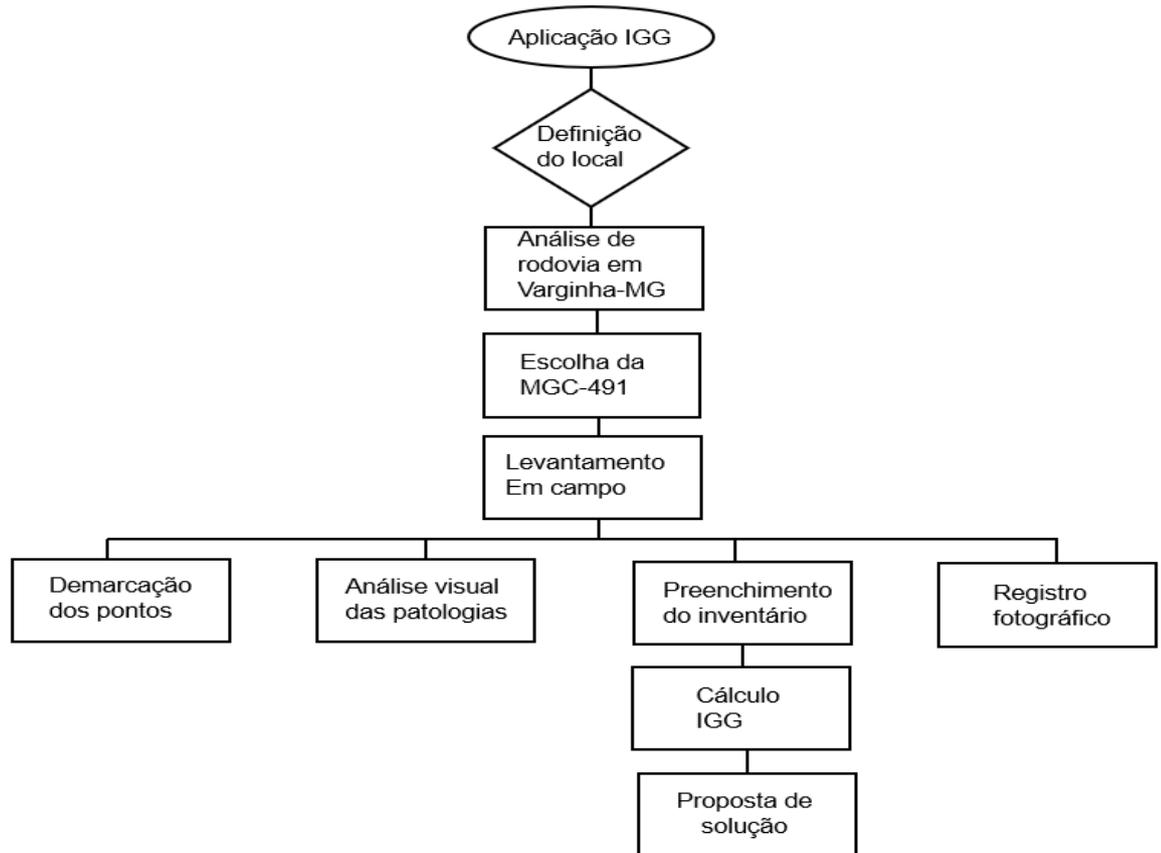
Este trabalho é baseado no estudo de caso de um trecho de rodovia no qual houve a avaliação superficial do pavimento por meio do método IGG (Índice de Gravidade Global). A aplicação deste procedimento ocorreu mediante recomendações normativas e de estudo da literatura existente, como mencionado na revisão bibliográfica.

Para a aplicação do método do IGG, houve a análise superficial em um trecho de rodovia de pista dupla, no qual ocorreu a demarcação conforme estabelece a norma DNIT 006/2003-PRO, para posterior análise das patologias existentes. Todas as anomalias detectadas foram transcritas para um inventário, para posteriormente realizar a parte de cálculos do método. Para proceder com a análise superficial do pavimento foi necessário utilizar trena, régua metálica e giz, inventário, prancheta e caneta. Tal procedimento foi realizado por um grupo de quatro pessoas, onde três foram responsáveis pela demarcação e análise, e o quarto integrante por realizar a sinalização do local.

Além da aplicação do método IGG, também foi analisado o entorno da rodovia. Do qual foi observado os dispositivos de drenagem, sinalização e taludes.

A Figura 22 apresenta o fluxograma que define de forma simplificada a metodologia utilizada neste trabalho.

Figura 22: Metodologia



Fonte: Da autora (2021).

3.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL (IGG)

Após a definição do local de para a aplicação do método, foi possível realizar a atividade em campo de levantamento de dados. No qual contou com auxílio de equipamentos, como trena, régua metálica, prancheta, caneta, inventário e giz.

Conforme estabelecido por norma técnica, fez-se necessário realizar a delimitação de estaqueamento a cada 20 metros e, posteriormente, a marcação do trecho de 6 metros, sendo 3 anterior e 3 posteriores ao ponto de cada estaca. Após essa marcação houve o preenchimento do inventário, que é disponibilizado em anexo pela norma DNIT 006/2003 – PRO.

É descrito no inventário todas as patologias presentes em cada demarcação, este processo é repetido ao longo de todo o trecho de rodovia. A maior parte das análises é visual, necessita-se de equipamentos apenas para:

- Definição da trinca, pois estas são classificadas como curta ou longa, conforme extensão. Logo foi necessário utilizar trena para auxiliar na classificação;
- Para medir o tamanho da flecha na trilha de roda, na qual foi preciso utilizar uma trelença que possui uma régua móvel com unidade de medida em milímetro, para que houvesse precisão. Neste levantamento necessitou realizar uma adaptação em relação ao equipamento, pois não foi possível ter a trelença. Logo, foi utilizada uma régua metálica e uma trena para realizar o levantamento das flechas.

Após preenchimento dos inventários foi obtido todas as informações necessárias para que fossem realizados os cálculos numéricos e, desse modo, foi determinado o valor do IGG. Na realização destes cálculos foram utilizados fatores de ponderação mediante tipo de patologia e estes estão diretamente relacionados ao grau de severidade de cada patologia.

Com o valor numérico obtido no método, foi realizado a análise por meio de conceito que pode variar de ótimo ($IGG \leq 20$) a péssimo ($IGG > 160$). Logo, após este procedimento o trecho analisado foi classificado de acordo com a análise superficial de pavimento.

3.3 PROCESSO DE RESTAURAÇÃO E MANUTENÇÃO

Após a definição da condição do pavimento por meio da aplicação do método de Índice de Gravidade Global foi possível definir a intensidade do problema, e assim determinar possíveis melhorias. As soluções para manutenção ou restauração podem variar mediante ao tipo de patologia recorrente.

Houve a quantificação de forma gráfica da incidência de cada tipo patologia, para que posteriormente fosse analisada a necessidade de manutenção ou restauração da via, e qual o processo mais adequado de acordo com a necessidade.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 LOCAL DE ESTUDO

Como a pesquisa visa um estudo relacionado à análise superficial do pavimento, teve-se o intuito de encontrar um local no qual apresentasse patologias para que o método pudesse ser empregado. Além disso, a questão de viabilidade e segurança durante o levantamento foram requisitos primordiais para a escolha do local.

O trecho selecionado para aplicar o método foi uma rodovia de pista dupla, com elevado tráfego de veículos de maior porte, localizada no estado de Minas Gerais, no município de Varginha. Esta pista possui um elevado tráfego de veículos de maior porte.

A extensão do local escolhido foi de aproximadamente 1,4 quilômetros em cada sentido da via. A Figura 23 representa a demarcação do local onde foi realizado o estudo de caso. Da qual é possível identificar que o trecho escolhido engloba o perímetro urbano, localizado entre a Justiça Federal e o Parque de Exposições, próximo ao km 246.

Figura 23: Trecho no qual houve o levantamento



Fonte: Google Earth (2021).

O trecho selecionado faz parte da rodovia estadual de Minas Gerais, a MGC-491. No qual possui administração do DER-MG, da unidade de Varginha.

De acordo com Flores (2015) a pista possui um acentuado tráfego de veículos. Este trecho é referência em relação ao transporte de cargas, logo há uma demanda grande da rodovia em relação a veículos de maior porte. A estimativa Volumetria Média Diária Anual (VMDA), realizada em 2015 aponta que a rodovia possui a demanda de 12446 veículos/dia.

4.2 LEVANTAMENTO EM CAMPO

O levantamento de dados ocorreu na rodovia MGC-491 de pista dupla no município de Varginha. A coleta aconteceu em ambos os sentidos da pista, sendo que um lado foi nomeado como faixa 1 e o outro faixa 2. Na faixa 1, foram coletados dados de 71 pontos de estaca, o equivale a uma extensão de 1.420 metros. Já na faixa 2, houve a coleta de dados em 67 pontos, totalizando uma extensão de 1.340 metros.

No total dos dois lados da pista ocorreu o levantamento em 138 pontos de estaqueamento. Todos os dados levantados foram descritos no inventário que está anexado no Apêndice A.

A Figura 24 mostra parte do local onde foi realizado o estudo.

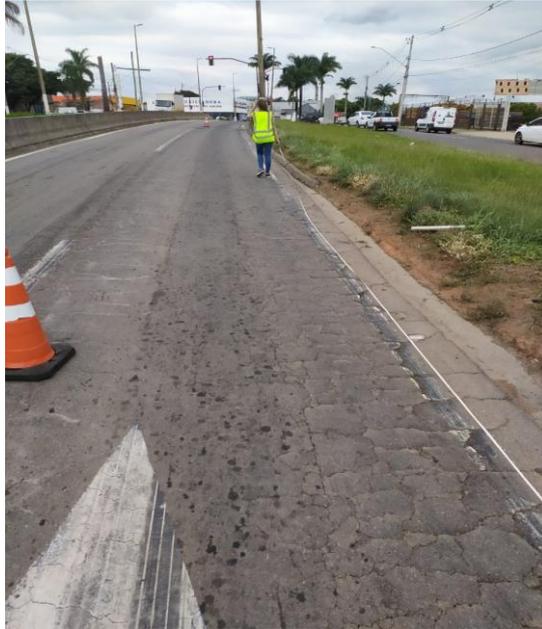
Figura 24: Trecho da MGC-491.



Fonte: Da autora (2021).

Inicialmente foram demarcados os trechos com extensão de 20 metros (Figura 25), para auxílio na marcação foi utilizada uma trena, giz e duas pessoas para realizar tal função.

Figura 25: Demarcação de trecho de 20 metros.



Fonte: Da autora (2021).

Posterior a marcação do ponto de 20 metros, foi demarcada a região de um lado da pista com 3 metros posterior e 3 metros anterior de cada ponto de estaqueamento, conforme ilustra a Figura 26 e 27.

Figura 26: Demarcação do trecho de 6 metros de análise.



Fonte: Da autora (2021).

Figura 27: Região de estudo demarcada.



Fonte: Da autora (2021).

Após ter o trecho com a largura de uma faixa de pista e extensão de 6 metros, todas as patologias detectadas foram analisadas e transcritas para um formulário. Este processo foi repetido em todos os 138 pontos avaliados.

4.3 PATOLOGIAS

Durante a análise dos pontos foi detectada a incidência de diversas patologias, sendo que algumas apresentaram recorrência em diversos pontos.

No levantamento em campo foi possível detectar a presença de trincas isoladas por todos os pontos analisados. Houve a ocorrência de trincas transversais curtas e longas, e as trincas longitudinais curtas e longas. De maneira geral, em relação a todas as trincas existentes há uma predominância maior em relação à trinca transversal curta.

Na Figura 28 são mostradas as trincas longitudinais e as transversais.

Figura 28: Trinca transversal e longitudinal.



Fonte: Da autora (2021).

A trinca tipo bloco foi encontrada em ambas as faixas analisadas com uma ocorrência maior na faixa 1. De forma geral, houve poucos pontos com este tipo de patologia.

A Figura 29 ilustra uma situação de trinca tipo bloco encontrada no levantamento em campo.

Figura 29: Trinca tipo bloco.



Fonte: Da autora (2021).

Já a trinca interligada do tipo “couro de jacaré” apresenta uma ocorrência maior do que a tipo bloco. A Figura 30 mostra uma trinca tipo “couro de jacaré” detectada na pista, essa patologia se mostrou presente em diversos pontos em ambas as pistas.

Figura 30: Trinca tipo "couro de jacaré".



Fonte: Da autora (2021).

Diversos pontos das duas faixas possuem remendo (Figura 31), que por muitas vezes são utilizados em operação que visam corrigir as painelas ou imperfeições que prejudicam o tráfego.

Figura 31: Remendo.



Fonte: Da autora (2021).

Ao longo dos trechos houve pouca incidência de painéis, apresentou-se apenas em poucos pontos e com pequena extensão, na Figura 32 é possível ver a dimensão das painéis existentes neste trecho de rodovia.

Figura 32: Painel.



Fonte: Da autora (2021).

Não foi detectado nenhum tipo de afundamento plástico, apenas o por consolidação, e isto ocorreu em poucos locais. Também não foi encontrado problemas de exsudação, escorregamento e ondulação.

O desgaste foi aparente em todos os pontos de ambas as faixas estudadas, essa constância provavelmente é normal devido ao fluxo constante e às intempéries que agem ao longo dos anos neste trecho de rodovia.

Realizou-se nos 138 pontos a análise da flecha da trilha de roda, para que pudesse obter os valores em mm de cada flecha. A Norma DNIT 006/2003 – PRO orienta utilizar uma treliça com haste móvel para realizar este levantamento de dados, mas como havia a limitação em relação a este equipamento, foi necessário realizar uma adaptação para levantar os valores. Devido a estas imposições, utilizou-se uma régua metálica e uma trena, a régua era posicionada no local onde havia a flecha e com a trena foi possível quantificar esta flecha (Figura 33).

Figura 33: Flecha de trilha de roda



Fonte: Da autora (2021).

4.4 ANÁLISE DO LOCAL

Além de levantar todos os dados referentes às patologias existentes no local, também foi verificado o entorno da rodovia. Com isso notou-se a existência de sistema de drenagem no local. Na Figura 34 há representação do sistema de descida de água

Figura 34: Descida de água



Fonte: Da autora (2021).

Observou-se que alguns locais da rodovia há taludes (Figura 35), no qual varia de tamanho de acordo cada trecho.

Figura 35: Talude



Fonte: Da autora (2021).

Também foi detectada na rodovia a existência de dispositivos de sinalização, como a defesa de concreto (Figura 36).

Figura 36: Defesa de Concreto



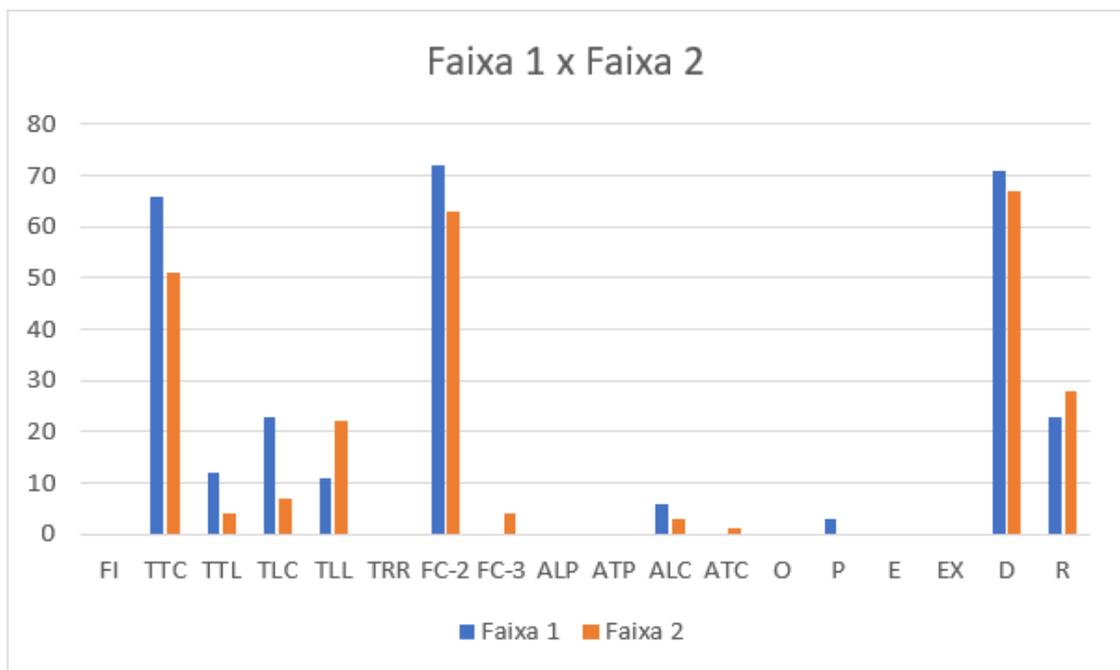
Fonte: Da autora (2021).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir de todos os dados coletados, conforme apresentado no Apêndice A, foi possível realizar uma análise minuciosa do trecho de rodovia em questão.

O Gráfico 1 apresenta as patologias encontradas em cada faixa da rodovia. O gráfico mostra uma comparação em relação à quantidade de problemas em cada via, na qual é possível identificar que a faixa 1 apresenta maior recorrência de patologias.

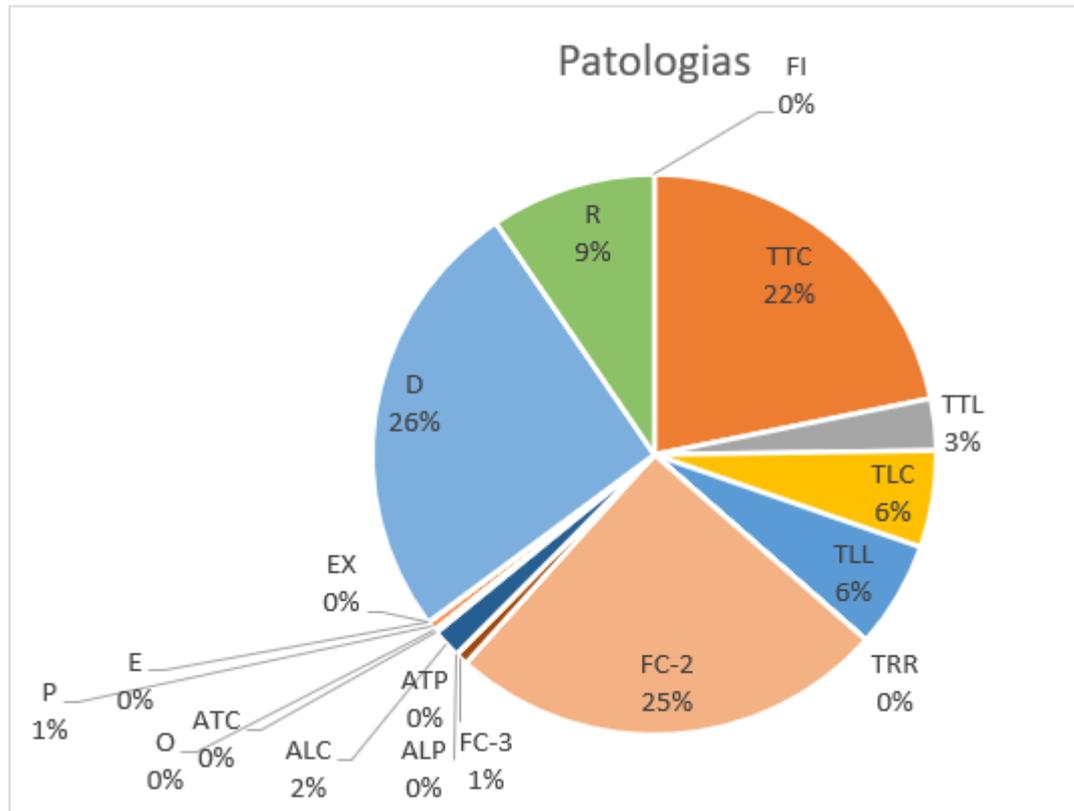
Gráfico 1: Comparativo das patologias nas faixas 1 e 2.



Fonte: Da autora (2022).

O Gráfico 2 apresenta a junção das patologias presentes em ambas as faixas. O intuito deste é apresentar quais tipos de problemas são mais recorrentes, no qual, é verificado que o desgaste (D), as trincas transversais curtas (TTC) e as trincas interligadas do tipo 2 (FC-2) representam aproximadamente 73% dos defeitos detectados, um número relativamente alto em comparação com as demais não conformidades do trecho.

Gráfico 2: Patologias



Fonte: Da autora (2022).

O desgaste esteve presente em todos os pontos analisados, isso pode ser explicado pelo tempo que a rodovia já existe e às intempéries. Além disso, o local possui um tráfego elevado de veículos, inclusive de caminhões para transporte de cargas, no qual acentua ainda mais este desgaste.

As trincas transversais curtas e as interligadas do tipo “couro de jacaré” são detectadas de maneira expressiva, isso tende a ocorrer devido à fadiga.

Após realizar a análise das condições do pavimento por meio gráfico, foi realizado o cálculo do Índice de Gravidade Global (IGG) para assim definir a condição do pavimento, por meio da avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis.

As Tabelas 4 e 5 apresentam o cálculo do IGG para cada faixa, para a aplicação do método houve a consideração da metodologia de cálculo disponibilizada pela norma DNIT 006/2003-PRO, que apresenta todas as diretrizes necessárias para a realização do cálculo. Ambas as tabelas seguem o modelo disponibilizado pela norma.

Tabela 4: Cálculo do IGG da Faixa 1

Faixa 1						
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	112	69	97,18	0,2	19,44
2	(FC-2) J, TB	72	65	91,55	0,5	45,77
3	(FC-3) JE, TBE	0	0	0,00	0,8	0,00
4	ALP, ATP, ALC, ATC	6	X	8,45	0,9	7,61
5	O, P, E	3	X	4,23	1,0	4,23
6	EX	0	X	0,00	0,5	0,00
7	D	71	X	100,00	0,3	30,00
8	R	23	X	32,39	0,6	19,44
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE=	TRI=	F=	1 A (x)	9,90
		7,62	7,23	7,42	1 B ()	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=	TRlv=	Fv=	2 A (x)	28,04
		35,61	20,46	28,04	2 B ()	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		71	ΣIND. GRAVID. IND. = IGG			164,41

Fonte: Da autora (2022).

Tabela 5: Cálculo do IGG da Faixa 2

Faixa 2						
Item	Natureza do defeito	Frequência absoluta	Frequência absoluta considerada	Frequência relativa	Fator de ponderação	Índice de gravidade individual
1	Trincas isoladas FI, TTC, TTL, TLC, TLL, TRR	84	75	111,94	0,2	22,39
2	(FC-2) J, TB	63	61	91,04	0,5	45,52
3	(FC-3) JE, TBE	4	4	5,97	0,8	4,78
4	ALP, ATP, ALC, ATC	4	X	5,97	0,9	5,37
5	O, P, E	0	X	0,00	1,0	0,00
6	EX	0	X	0,00	0,5	0,00
7	D	67	X	100,00	0,3	30,00
8	R	28	X	41,79	0,6	25,07
9	Média aritmética dos valores médios das flechas medidas em mm nas TRI e TER	TRE=	TRI=	F=	1 A (x)	9,63
		9,63	4,82	7,22	1 B ()	
10	Média aritmética das variâncias das flechas medidas em ambas as trilhas	TREv=	TRlv=	Fv=	2 A (x)	21,09
		28,21	13,97	21,09	2 B ()	
Nº TOTAL DE ESTAÇÕES		67	ΣIND. GRAVID. IND. = IGG			163,85

Fonte: Da autora (2022).

Apesar das faixas apresentarem uma divergência em relação à quantidade de patologias e do número total de estações, há uma proximidade no resultado obtido. Essa divergência pode ser devido a variação das solicitações de carga, de questões construtivas, dentre outros. O IGG encontrado na faixa 1 e 2 foram de 164,41 e 163,85, respectivamente.

Conforme a classificação presente na norma DNIT 006/2003-PRO, as pistas com o IGG superior a 160 tem como classificação o conceito de péssimo. Como ambas as faixas obtiveram valor superior a 160, estas são classificadas como péssimas.

Mediante o trecho obter a pior classificação, de acordo com o método, é recomendável que sejam realizadas medidas de recuperação e manutenção deste trecho. Ressaltando a importância que as medidas adotadas sejam efetivas e que haja um respaldo técnico, que garanta a boa qualidade da via.

O maior número de patologias identificadas são aquelas que possuem um fator de ponderação menor, o que implica também em patologias menos severas. Isso acarreta um menor desconforto ao usuário, pois patologias mais intensas como as panelas, comprometem de maneira mais acentuada a qualidade da via. Inclusive, na pista há diversos pontos com remendos, o que mostra que possivelmente houve reparos de patologias mais intensas.

As patologias podem surgir por erros no dimensionamento, problemas na terraplanagem, intempéries, dispositivos inadequados de drenagem, falta de manutenção, dentre outros. Logo, é difícil de mensurar o erro em específico que pode ter acarretado estas patologias, afinal pode ser uma junção de diversos fatores, inclusive relacionado à vida útil da via.

Na revisão da literatura foram apresentados três resultados de autores com pesquisas distintas, relacionados ao IGG. Sendo que foram de situações diferentes, em pista de ônibus, rodovia e rua. As três análises apresentaram valores altos sendo os IGG's encontrados de: 142,4, 149,6, 167,0 e 165,60. Estes valores mostram que os trechos foram classificados de ruim a péssimo. O que demonstra que a situação encontrada ao realizar o IGG neste trabalho, é a realidade de várias outras rodovias brasileiras.

6 RECUPERAÇÃO

O princípio deste trabalho é classificar a condição da via e propor medidas de intervenção, que possam propiciar ao usuário conforto e segurança ao trafegar na pista. Logo, foram propostas medidas que auxiliem nesta recuperação do pavimento.

Os diversos pontos de remendos detectados mostram que já houve a necessidade de manutenção. Tendo em vista essas medidas de controle anteriormente realizadas, necessita-se realizar um recapeamento do trecho, para que a qualidade de tráfego seja restaurada.

A realização do recapeamento nesta rodovia tende a solucionar os problemas funcionais, que estão provocando desconforto aos usuários.

Para que o recapeamento seja efetivo na solução, é preciso se atentar na combinação de soluções. Já que o atual pavimento apresenta diversas trincas, são necessárias medidas que retardem o surgimento de patologias na camada de recapeamento. Duas soluções são previstas para esta situação, sendo elas:

- 1) Antes de realizar o recapeamento deve ser colocado um geotêxtil em contato com o solo, este será responsável por desviar as trincas ou transformá-las em microfissuras. Este processo irá prolongar a qualidade da camada de recapeamento.
- 2) Uma camada com asfalto borracha antes da aplicação do recapeamento pode ajudar a retardar o surgimento de trincas. Esse tratamento superficial realizado é conhecido como SAMI.

Para que a solução seja realmente eficaz, os itens anteriormente citados devem ser considerados. Em conjunto com estas soluções, é recomendável que seja realizado um dimensionamento da via, para uma avaliação em relação a condição das camadas que compõe o pavimento, pois a solução indicada refere-se apenas a parte de revestimento.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

7.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de pavimentos asfálticos é de suma importância, tendo em vista a extensa malha rodoviária brasileira e a utilização preferencial da pavimentação flexível no país. Isso caracteriza uma importância muito grande aos estudos relacionados a este tema.

Em diversas rodovias são perceptíveis as patologias e estas provocam desconforto e insegurança para as pessoas que trafegam. Por isso, é fundamental analisar a condição que a pista se encontra utilizando métodos que permitem realizar a classificação funcional do pavimento

A partir deste trabalho, foi possível analisar por meio de um método normativo uma via que apresenta desconforto aos usuários. E com isso, foi inferido que a rodovia apresenta uma condição péssima, pois em ambas as faixas analisadas o IGG foi superior a 160, na faixa 1 o valor encontrado foi de 164,41 e na faixa 2 de 163,85. Esses resultados mostram que a pista possui condições desfavoráveis.

A intensidade do tráfego no local, principalmente em relação ao transporte de cargas, pode ser um fator agravante em relação a atual situação da rodovia. Pois além de existir uma grande quantidade de caminhões que trafegam no local, estes geralmente estão carregados.

Ao analisar esses valores obtidos com o de outros autores, percebe-se uma relação próxima desses resultados. Isso mostra o quanto as rodovias brasileiras apresentam problemas, o que acarreta danos aos usuários.

A partir de análises gráficas também foi verificado que existe uma ocorrência significativa de desgaste, de trincas transversais curtas e das trincas interligadas do tipo 2.

Durante a realização em campo foi possível analisar que existe um anseio dos usuários, para que o trecho passe por medidas de recuperação. Pois, como apresentado anteriormente, o número de patologias é elevado. Além disso, também foi observado que o local possui um elevado tráfego de veículos.

Por meio da análise da quantidade de remendos, foi possível perceber que medidas preventivas já foram adotadas no local. Mas não tem sido o suficiente para

combater a quantidade de problemas existentes. E isso é comprovado pelos valores obtidos no cálculo do IGG, que avalia o trecho com uma condição péssima.

Para solucionar o problema existente na via, sugere-se a realização do recapeamento, em conjunto com um geotêxtil ou com o SAMI. Esta combinação tende a resolver o atual problema e prevenir possíveis.

Por fim, este trabalho visou abordar a importância de monitorar as rodovias em relação a sua condição, e conscientizar do quão fundamental é manter as rodovias em bom estado.

7.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para dar continuidade ao trabalho desenvolvido, são apresentadas sugestões para trabalhos futuros:

- Aplicação do método em outros trechos da rodovia MGC-491, para uma análise comparativa. No qual, verificar se os demais trechos também apresentam patologias.
- Realizar o dimensionamento do recapeamento e verificar o quão viável é esta solução.
- Realizar a análise deste mesmo trecho, utilizando outro método, onde seja verificada a condição de uso.
- Realizar o dimensionamento da via e comparar com a atual estrutura do pavimento.
- Realizar um estudo relacionado ao tráfego do trecho, e como isso implica na atual situação da rodovia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTE, Jaime Rafael Obando. **Geossintéticos como reforço de revestimento em pavimentação**. 2012. Dissertação de mestrado – Universidade de Brasília – Faculdade de Tecnologia. Brasília, 2012.

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

BERNUCCI, Liedi Bariani Bernucci; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008.

BRASILIA. CNT. **Transporte rodoviário: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?**. 2017. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/pesquisas>.

BRASILIA. CNT. **O Transporte Move o Brasil**. 2018. Disponível em: <https://cnt.org.br/propostas-cnt-transporte>.

DEPARTAMENTO DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Manual de Conservação rodoviária**. 2ª Edição. Rio de Janeiro. 2005.

_____. **Manual de Pavimentação**. 3ª Edição. Rio de Janeiro. 2006.

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

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

_____. **Norma DNIT 137/2010- ES**: Pavimentação – Regularização do subleito – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

FAGUNDES, Luiz Henrique de Asis; ILDEFONSO, Jesner Sereni. **Comparação dos parâmetros de gerenciamento de escopo, tempo e custo relativo a restauração de pavimentos asfálticos com duas tecnologias distintas**. X Encontro Internacional de Produção Científica, 2017. UNICESUMAR - Centro Universitário de Maringá.

FLORES, Cláudio Andrade; **Avaliação pelo método superficial das patologias do pavimento flexível da rodovia BR 491: trecho: Varginha – entre BR-381/MG-167-B para proporcionar soluções de recuperação funcional**. 2016. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2015.

GUEDES, Luan Moraes. **Determinação do Índice de Gravidade Global (IGG) de trecho reconstruído da rodovia PB-111**. 2016. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2016.

JÚNIOR, Elci Pessoa. **Manual de Obras Rodoviárias e Pavimentação Urbana: execução e fiscalização**. São Paulo: Pini, 2014.

PINTO, Salomão; PINTO, Isaac Eduardo. **Pavimentação Asfáltica: conceitos fundamentais sobre materiais e revestimentos asfálticos**. 1º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

RODRIGUES, Elena; VAZ, Leandro da Rocha. Avaliação objetiva de superfície asfáltica pela determinação do igg na rua padre egídio carmelink, Belford-Roxo, RJ. **Revista Univap**, [S.L.], v. 22, n. 40, p. 491, 7 fev. 2017. UNIVAP Universidade de Vale do Paraiba.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2º ed. São Paulo: Pini, 2007.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de Técnicas de Pavimentação**. 2º ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, Lauro Lúcio Martins. **Avaliação superficial de pavimentos, usando o método IGG (Índice de Gravidade Global, um estudo de caso na Av. Anhanguera, em Goiânia**. 2019. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia de Transportes) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2016.

APÊNDICE A – INVENTÁRIO

RODOVIA: MGC-491		OPERADOR: RÚBIA												FOLHA: 01									
TRECHO: PISTA 1		REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO												ESTACA OU QUILOMETR		ESTACA OU QUILOMETRO							
SUBTRECHO:		DATA: 06/04/2021																					
Estaca ou km	Seção ou Terra P.	OK	TRINCAS						AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS				TRINCAS RODAS		Observações				
			ISOLADAS			INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLID		O	P	E	EX	D	R		TRI	TER		
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	5	5	5	6		7	8	mm	mm
1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	E 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm		
1			X				X	X											X		8	10	
2			X		X		X	X											X		12	10	
3			X			X	X												X		3	10	
4			X	X	X		X												X		10	4	
5			X	X		X		X											X		12	5	
6			X			X		X											X		11	3	
7			X		X		X	X											X		2	29	
8			X				X								X				X	X	6	14	
9			X				X												X		10	13	
10			X				X												X	X	10	9	
11			X				X												X	X	8	10	
12			X				X												X		9	14	
13			X				X												X	X	8	6	
14			X				X												X	X	4	20	
15			X	X	X	X	X												X	X	8	9	
16					X		X						X						X		11	3	
17			X				X												X		14	16	
18			X				X						X						X	X	11	19	
19			X	X	X		X												X	X	9	18	
20			X				X						X						X	X	19	16	
21			X				X						X						X	X	8	12	

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																										
RODOVIA: MGC-491												OPERADOR: RÚBIA								FOLHA: 02						
TRECHO: PISTA 1												REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO								ESTACA OU QUILOMETR		ESTACA OU QUILOMETRO				
SUBTRECHO:												DATA: 06/04/2021														
Estaca ou km	Seção Terra p.	OK	TRINCAS								AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS		Observações			
			ISOLADAS						INTERLIGADAS		PLÁSTICO		CONSOLID													
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2		FC-3		ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R		TRI	TER	
			1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	E 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8		mm	mm	
22				X				X												X	X	19	1			
23				X				X												X		2	6			
24				X				X												X	X	4	17			
25				X				X												X	X	10	22			
26				X				X					X							X		15	4			
27				X				X												X		7	3			
28				X		X		X												X		1	2			
29								X	X							X				X		7	4			
30					X			X	X							X				X		8	7			
31				X	X			X												X		2	2			
32				X				X												X	X	9	3			
33				X		X		X												X	X	9	2			
34				X				X												X	X	8	19			
35				X	X		X													X	X	9	2			
36				X		X		X												X	X	5	2			
37				X		X														X	X	2	2			
38				X				X												X		2	3			
39				X				X												X		4	3			
40				X				X												X		2	16			
41				X		X		X												X		2	8			
42				X		X		X												X		3	2			

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: MGC-491										OPERADOR: RÚBIA										FOLHA: 03					
TRECHO: PISTA 1										REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO										ESTACA OU QUILOMETR		ESTACA OU QUILOMETRO			
SUBTRECHO:										DATA: 06/04/2021															
Estaca ou km	Seção ou Terra p.	OK	TRINCAS							AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS		Observações			
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLIC		O	P	E	EX	D		R	TRI	TER
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	5	5	5	6	7	8	mm		mm		
1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	E 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm				
43				X				X											X		10	8			
44				X		X		X											X		2	3			
45				X	X	X		X											X	X	12	5			
46				X		X		X											X		12	10			
47				X			X	X											X		12	4			
48				X	X			X											X		3	5			
49				X	X			X											X		4	3			
50				X				X											X		5	9			
51				X		X		X											X	X	8	10			
52				X		X		X											X		3	1			
53				X				X											X		11	2			
54				X				X	X										X		18	8			
55				X		X	X												X		3	3			
56				X	X		X												X		2	3			
57				X		X		X											X		18	3			
58				X				X											X		10	12			
59				X				X											X		2	9			
60				X				X											X	X	6	7			
61				X		X		X											X	X	8	6			
62				X		X	X												X		2	3			
63								X											X		5	4			

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: MGC-491													OPERADOR: RÚBIA							FOLHA: 05					
TRECHO: PISTA 2													REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO							ESTACA OU QUILOMETRO			ESTACA OU QUILOMETRO		
SUBTRECHO:													DATA: 06/04/2021												
Estaca ou km	Seção Terrap.	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS				TRINCAS RODAS		Observações		
			ISOLADAS						INTERLIGADAS				PLÁSTICO		CONSOLIDADO		O	P	E	EX	D	R		TRI	TER
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	5	5	5	6	7	8	mm	mm			
1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm				
1				X						X											X		8	10	
2				X						X											X	X	2	20	
3				X						X											X	X	4	11	
4				X						X											X	X	3	12	
5				X						X											X		2	8	
6				X			X			X											X	X	1	8	
7				X				X		X											X		2	14	
8				X				X		X											X		2	27	
9				X				X		X											X		3	8	
10				X			X	X		X											X		12	24	
11				X						X						X					X	X	10	15	
12				X						X						X					X	X	10	12	
13				X				X		X											X		2	20	
14										X					X						X		2	18	
15				X						X											X		3	16	
3				X						X											X		2	11	
17				X						X											X		2	9	
18				X						X											X		2	10	
19				X						X											X		2	7	
20				X						X											X		2	6	
21				X	X					X											X		4	6	

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: MGC-491												OPERADOR: RÚBIA								FOLHA: 06					
TRECHO: PISTA 2												REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO								ESTACA OU QUILOMETRO		ESTACA OU QUILOMETRO			
SUBTRECHO:												DATA: 06/04/2021													
Estaca ou km	Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS				TRINCAS RODAS		Observações		
			ISOLADAS					INTERLIGADAS					PLÁSTICO		CONSOLIDAÇÃO		O	P	E	EX	D	R		TRI	TER
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	O	P	E	EX	D	R	mm	mm			
1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8						
22				X					X												X	X	9	16	
23				X					X												X	X	10	6	
24									X												X		9	6	
25				X					X												X	X	6	9	
26							X		X												X		3	9	
27									X												X	X	16	8	
28				X					X												X		3	9	
29				X					X												X		8	10	
30									X												X	X	2	9	
31				X					X												X		2	16	
32				X					X							X					X	X	11	19	
33									X												X	X	11	11	
34				X					X	X											X	X	13	9	
35									X	X											X		8	9	
36				X					X												X		5	8	
37				X				X													X		1	5	
38				X					X												X		8	9	
39				X	X				X												X	X	1	5	
40				X				X													X	X	3	2	
41				X					X												X	X	1	7	
42				X				X													X		11	6	

INVENTÁRIO DO ESTADO DA SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO																									
RODOVIA: MGC-491										OPERADOR: RÚBIA										FOLHA: 07					
TRECHO: PISTA 2										REVESTIMENTO TIPO: ASFÁLTICO										ESTACA OU QUILOMETRO					
SUBTRECHO:										DATA: 06/04/2021										ESTACA OU QUILOMETRO					
Estaca ou km	Seção Terrap	OK	TRINCAS										AFUNDAMENTOS				OUTROS DEFEITOS						TRINCAS RODAS		Observações
			ISOLADAS							INTERLIGADAS			PLÁSTICO		CONSOLIDADO		O	P	E	EX	D	R	TRI	TER	
			FI	TTC	TTL	TLC	TLL	TRR	FC-2	FC-3	ALP	ATP	ALC	ATC	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm	
1	1	1	1	1	1	J 2	TB 2	JE 3	TBE 3	4	4	4	4	5	5	5	6	7	8	mm	mm				
43						X	X		X											X		7	6		
44				X			X		X											X		2	9		
45				X		X			X											X		8	8		
46				X					X											X	X	2	4		
47				X					X											X	X	8	2		
48				X			X		X											X	X	9	5		
49				X			X		X											X		6	7		
50				X					X											X		2	2		
51				X	X		X		X											X	X	1	10		
52				X			X		X											X	X	3	4		
53				X			X													X	X	6	8		
54				X	X		X		X											X		7	11		
55									X											X	X	10	9		
56				X					X											X		2	12		
57							X		X											X		2	2		
58						X	X		X											X		1	4		
59				X			X													X		1	0		
60				X					X											X		5	11		
61							X		X											X		7	18		
62									X											X	X	5	8		
63									X											X	X	1	10		

