

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO EXCESSO DE CARGA COMO FATOR
INFLUENTE NA QUALIDADE DAS RODOVIAS
BRASILEIRAS**

Rafael Salles Pereira

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fabio Zanchetta

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
CIVIL**

BRASÍLIA/DF: DEZEMBRO/2019

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DO EXCESSO DE CARGA COMO FATOR INFLUENTE NA
QUALIDADE DAS RODOVIAS BRASILEIRAS**

RAFAEL SALLES PEREIRA

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.
APROVADA POR:**

Prof. Dr. FABIO ZANCHETTA (ENC-UnB) (ORIENTADOR)

**Prof. Dr. PASTOR WILLY GONZALES TACO (ENC-UnB) (EXAMINADOR
INTERNO)**

Prof. Dr. RAFAEL CERQUEIRA SILVA (UNB) (EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA/DF, 09 de dezembro de 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

PEREIRA, RAFAEL SALLES

Análise do excesso de carga como fator influente na qualidade das rodovias brasileiras. Distrito Federal, 2019.

xi, 75p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

Monografia de Projeto Final – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Excesso de carga | 2. Rodovia |
| 3. Pavimentação | 4. Fiscalização |
| I. ENC/FT/UnB | II. Título (Bacharel) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PEREIRA, Rafael Salles. **Análise do excesso de carga como fator influente na qualidade das rodovias brasileiras**. Monografia de Projeto Final. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. 75p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Rafael Salles Pereira.

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise do excesso de carga como fator influente na qualidade das rodovias brasileiras.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Rafael Salles Pereira
Rua 3, Ch 30, Lt 15, SHVP
72005-640 - Brasília/DF - Brasil

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, por todo apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus que tornou possível todas as minhas vitórias e sempre me amparou nas dificuldades. À sua santíssima Mãe, a Virgem Maria, que por meio de poderosa intercessão tem cuidado de mim com zelo e amor de mãe.

Agradeço à minha família em especial meus pais, Euler Junqueira Pereira e Patrícia Rezende Salles Pereira, que sempre lutaram por minha educação e nunca me deixaram faltar nada, permitindo-me concluir esta graduação e alcançar todas as demais conquistas que tive e terei. Aos meus irmãos, Vitor Salles Pereira e Thais Salles Pereira, agradeço pelo companheirismo e carinho que nunca faltaram.

À minha namorada Thamires Coutinho Carvalho, que me traz paz e tranquilidade ao coração e à alma, por me auxiliar imensamente na elaboração deste trabalho.

Aos professores que me instruíram com todo o conhecimento necessário para a conclusão deste curso. Em especial ao professor José Camapum de Carvalho e ao meu orientador Fabio Zanchetta, por me orientar neste trabalho.

À Universidade de Brasília, instituição muito querida por mim, e ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes que me proporcionaram estrutura e dados para conclusão deste trabalho.

RESUMO

O modo rodoviário é amplamente utilizado em todo mundo, tanto para o transporte de pessoas como para o transporte de cargas. No Brasil, ele é responsável por 60% do transporte de cargas, tendo como resultado um intenso tráfego de veículos de carga nas rodovias brasileiras, pavimentadas ou não. Ainda que boa parte dessas estradas tenham sido corretamente projetadas é de suma importância que se tenha um controle do tráfego de cargas que por elas são transportadas, para que se garanta a sua correta utilização conforme prevista em seu projeto. Porém, assim como observado em países como Portugal, Equador, Paquistão, Indonésia, Estados Unidos e Brasil, as leis que limitam as cargas nem sempre são obedecidas, e assim a deterioração do pavimento é acelerada e a sua vida útil diminuída além do previsto em projeto. Este trabalho teve como objetivo estudar a possível relação entre o número de infrações de excesso de carga e o desempenho dos pavimentos de duas rodovias no estado do Espírito Santo, a BR 262 e a BR 259. Para isso, se fez uso de dados do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) do Departamento de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para obter a evolução da condição do pavimento destas rodovias ao longo dos anos de 2013, 2014, 2017 e 2018, e dos registros, deste mesmo Órgão, de infrações de excesso de carga cometidos também nestas rodovias entre os anos 2017 e 2019. Somou-se a essa caracterização, as classificações do pavimento rodoviário de ambas as rodovias realizadas pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) entre os anos de 2013 e 2019. Para se obter a porcentagem de caminhões infratores, utilizou-se os dados de contagem e classificação veicular dos equipamentos eletrônicos de controle de velocidades do Programa Nacional de Controle de Velocidade (PNCV). Pôde-se observar que a porcentagem de caminhões infratores é de 0,76% do total de veículos de carga para a BR 262 e 0,72% para a BR 259. Além disso, foi possível comparar a deterioração média das duas rodovias, sendo mais acentuada no caso da BR 262 que teve o seu Índice de Irregularidade Longitudinal Internacional (IRI) passando de 2,44 em 2013 para 3,59 em 2018, enquanto na BR 259, neste mesmo período, teve seu IRI acrescido de 2,10 a 2,36. Por fim, também se observou que, nas duas rodovias, a classificação do pavimento realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) diverge consideravelmente da obtida a partir do IRI médio delas.

Palavras-chave: Excesso de carga, Rodovia, Pavimentação, Fiscalização.

ABSTRACT

The road transport is very used around of the world, both for people transport and for charge transport. In Brazil, it is responsible for 60% of all charge transport, resulting in intense traffic of trucks in Brazilian highways, with or without road pavement. Even if a good part of this highways was correctly designed, it is important to have a charge traffic control, to ensure its correct use, as provided in the project. However, as seen in countries like Portugal, Ecuador, Pakistan, Indonesia, United States and Brazil, the laws that limit loads are not always obeyed, therefore, the pavement is deteriorated and the service life is reduced beyond expected. This work had for objective study the consequence of the overload in the pavement of two highways of the state of Holy Spirit, the BR 262 and the BR 259. For this, was used data from the Pavement Management System (SGP) of the National Department of Transport Infrastructure (DNIT) to get the evolution of the condition of the pavement of this two highways over the years 2013, 2014, 2017 and 2018, and the records of excess load violations in this highways, from DNIT, between the years of 2017 and 2019. To get the percentage of offending trucks, was used the data of vehicle counting and classification obtained from electronic speed control equipment of the National Speed Control Program (PNCV). Was possible to observe that the percentage of offending trucks is 0,76% of all cargo vehicles to BR 262 and 0,72% to BR 259. Besides that, was possible to compare the average deterioration of both highways, being more intense in the case of BR 262 which had its International Longitudinal Irregularity Index (IRI), going from 2,44, in 2013, to 3,59 in 2018, while the BR 259, in the same period, had its IRI increased from 2,10 to 3,36. Lastly, it was also observed that in the both highways the National Transport Confederation (CNT) pavement classification diverges from that obtained from their average IRI.

Key-words: Overload, Highway, Pavement, Supervision.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	2
1.1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 PROJETOS RODOVIÁRIOS	5
2.2 DETERIORAÇÃO DO PAVIEMNTO	19
2.3 FISCALIZAÇÃO RODOVIÁRIA	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1 ETAPA 1 (LEVANTAMENTO DE DADOS)	32
3.2 ETAPA 2 (ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO)	33
3.3 ETAPA 3 (TRATAMENTO DOS DADOS)	37
3.4 ETAPA 4 (ANÁLISE DE RESULTADOS)	38
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	40
4.1 ESCOLHA DAS RODOVIAS DE ESTUDO	40
4.2 QUANTIFICAÇÃO DAS INFRAÇÕES NAS RODOVIAS SELECIONADAS	41
4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS RODOVIAS SELECIONADAS	44
4.4 ANÁLISE DO DESEMPENHO DO PAVIMENTO	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
5.1 CONCLUSÕES	57
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

Figuras

Figura 2.1 - Esquema de disciplinas das etapas a serem desenvolvidos em um projeto rodoviário (modificado – DNIT, 2018)	7
Figura 2.2 - Estrutura do pavimento flexível (Bernucci et al., 2010).....	12
Figura 2.3 - Distribuição de carga em pavimento flexível (CNT, 2017)	15
Figura 2.4 - Distribuição de carga em pavimento rígido (CNT, 2017)	15
Figura 2.5 - Representação esquemática dos defeitos do pavimento (DNIT, 2003).....	18
Figura 2.6 - Escala do IRI (modificado - Sayers, 1998)	29
Figura 3.1 - Fluxograma do método proposto	31
Figura 3.2 - Mapa rodoviário do estado do Espírito Santo (DER-ES, 2016)	34
Figura 3.3 - Rodovias BR 262 e BR 259 (modificado - DER-ES, 2016)	37
Figura 4.1 - Registros de infrações da BR 262 por quilômetro ao longo de 2017, 2018 e 2019	42
Figura 4.2 - Registros de infrações da BR 259 por quilômetro ao longo de 2017, 2018 e 2019	43
Figura 4.3 - Porcentagem de caminhões com excesso de carga na BR 262	48
Figura 4.4 - Porcentagem de caminhões com excesso de carga na BR 259	48
Figura 4.5 - Gráfico do desempenho do estado de conservação do pavimento da BR 262	52
Figura 4.6 - Gráfico do desempenho do estado de conservação do pavimento da BR 259	53
Figura 4.7 - Classificação do pavimento da BR 262	55
Figura 4.8 - Classificação do pavimento da BR 259	55
Figura 4.9 - Desempenho do pavimento das duas rodovias	56

Tabelas

Tabela 2.1 - Interdependências diretas entre as disciplinas de um projeto rodoviário (DNIT, 2018)	8
Tabela 2.2 - Comparativo entre métodos de dimensionamento de pavimento (CNT, 2017)	10
Tabela 2.3 - Comparativo entre tipos de pavimento	15
Tabela 2.4 - Significado das contidas nos códigos de classificação veicular (DNIT, 2006)	19
Tabela 2.5- Configurações de eixos, pneus e suspensões (modificado - DNIT, 2006)	20
Tabela 2.6 - Densidade da malha rodoviária pavimentada por país (CNT, 2018)	23
Tabela 2.7 - Condição do pavimento rodoviário brasileiro (modificado - CNT, 2018)	24
Tabela 2.8 - Distribuição das UMO's por lote e por estado brasileiro (DNIT, 2017)	27
Tabela 3.1 - Movimentação de mercadorias no Porto de Vitória em 2013 (modificado - Plano Mestre do Porto de Vitória, 2015)	35
Tabela 3.2 - Quantidade de rochas ornamentais exportadas pelo Brasil e pelo ES nos anos de 2017 e 2018 (modificado - Sindirochas, 2018)	35
Tabela 3.3 - Massa de rochas ornamentais exportadas por portos brasileiros em dezembro de 2018 (modificado - Sindirochas, 2018)	36
Tabela 4.1 - Quantidade de registros de infrações por UF	40
Tabela 4.2 - Número de infrações por rodovia	41
Tabela 4.3 - Registros por BR e quilômetro	42
Tabela 4.4 – Infrações cometidas na BR 262 ao longo do tempo	43
Tabela 4.5 - Infrações cometidas na BR 259 ao longo do tempo	44
Tabela 4.6 - Equipamentos eletrônicos selecionados	45
Tabela 4.7 - Volume e classificação veicular por equipamento	45
Tabela 4.8 - Porcentagem de caminhões por BR	46
Tabela 4.9 - Desempenho do estado de conservação do pavimento	50
Tabela 4.10 - Resultado dos Relatórios Gerenciais da CNT	54
Tabela 4.11 - IRI médio anual de cada rodovia obtido a partir dos dados do SGP do DNIT	54

Lista de abreviações

AASHO - *American Association of State Highway Officials*
CBR - *California Bearing Ratio*
CGPERT - Coordenação Geral de Operações Rodoviárias
CNT – Confederação Nacional do Transporte
CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito
COPLAN - Coordenação de Planejamento
CREMA - Contrato de Restauração e Manutenção
CTB - Código de Trânsito Brasileiro
CV – Coeficiente de Variação
DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito
DER-ES - Departamento de Edificações e de Rodovias do Espírito Santo
DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DP – Desvio Padrão
ESAL - *Equivalent Single Axle Load*
FEC - Fator de Equivalência de Carga
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IRI - Índice de Irregularidade Longitudinal Internacional
IRRE - *International Road Roughness Experiment*
LABTRANS - Laboratório de Transportes e Logística
OAC – Obras de Arte Correntes
OAE - Obras de Arte Especiais
PIAF - Posto Integrado Automatizado de Fiscalização
PNCV - Programa Nacional de Controle de Velocidades
QCS - *Quarter-Car System*
SGP – Sistema de Gerência de Pavimentos
UMO – Unidade Móvel Operacional
WIM - *Weigh in Motion*

1. INTRODUÇÃO

A importância do modo rodoviário pode ser evidenciada por sua presença no cotidiano da sociedade. Desde o final século XIX, com a invenção dos primeiros automóveis modernos, e início do século XX, com a evolução da indústria automobilística, as pessoas utilizam desse modo como uma de suas principais formas de deslocamento.

Atualmente, muitas pessoas e mercadorias no mundo se deslocam em veículos automotores e sobre vias, pavimentadas ou não. No Brasil, segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT 2018), esse modo de transporte é responsável por mais de 90% do transporte de pessoas e possui mais de 60% de participação na matriz nacional de transportes de cargas.

A deterioração da condição do pavimento brasileiro como um todo, pode ser observada a partir dos relatórios gerenciais anuais elaborados pela CNT. Neles, constata-se que a percentagem de pavimento em condição ótima foi de 46,2% em 2013 para 38,6% em 2019, passando por 42,4% em 2014, 41,6% em 2015, 44,5% em 2016, 40,3% em 2017 e 42,3% em 2018.

Senço (2008) apresenta benefícios advindos com a pavimentação de uma via de terra ou a restauração de vias pavimentadas em mau estado. Compreende-se a existência de efeitos diretos e indiretos destas ações, como efeito direto cita-se a economia no valor de operação e no tempo de viagem, além de uma maior condição de conforto e segurança. Já os efeitos indiretos abrangem uma vasta gama de tópicos, como a redução do custo de vida e a valorização dos imóveis.

O tráfego, como afirmado por Pais (2018), é responsável pela deterioração do pavimento. Sendo assim, veículos com cargas acima da estipulada em projeto levarão a uma acelerada deterioração e conseqüente diminuição da vida útil prevista, como observado por Almeida (2019).

A fim de coibir a prática da sobrecarga, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) desenvolveu e tem implementado uma política de fiscalização de pesos de veículos de cargas. Esta política consiste na utilização de Unidades Móveis Operacionais (UMO's), dotadas de balanças móveis ou portáteis, capazes de fiscalizar diversos pontos das rodovias federais sob jurisdição do DNIT. Dessa forma, como concluído

por Klamt (2017), objetiva-se inibir o transporte de cargas acima da permitida e educar os transportadores.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos norteadores deste trabalho tiveram como princípio a necessidade de se verificar a correlação entre a prática da violação dos limites legais de carga de combinações de veículos de carga e a deterioração do pavimento das rodovias brasileiras. Para isso, utilizaram-se dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem por objetivo geral verificar a possível relação entre o excesso de carga e o desempenho dos pavimentos.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os dados de infrações por excesso de carga nas rodovias BR 259 e BR 262 no estado do Espírito Santo;
- Verificar a possível relação entre o excesso de carga e a condição do pavimento das rodovias BR 259 e BR 262 no estado do Espírito Santo entre os anos 2013 e 2018.

1.2 JUSTIFICATIVA

Como observado nos estudos de Pais (2013), Raheel (2018), Almeida (2019), Rifai (2015), Oliveira (2016), Réus (2014) e Reis (2017), a prática do transporte de cargas acima dos permitidos por lei é recorrente em muitos países. Além disso, Chou (1996) e Widmer (2002) lembram o conceito de Lei da Quarta Potência elaborada pela *American Association of State Highway Officials (AASHO) Road Test* desenvolvida entre 1958 e 1960, segundo a qual a deterioração do pavimento flexível aumenta na proporção de carga por eixo elevada à

quarta potência. Sendo assim, segundo Chou (1996), um eixo duas vezes mais carregado que outro causa um dano ao pavimento 16 vezes maior que este último.

Deste modo, torna-se importante o controle de cargas transportadas por meio de fiscalização com o uso de balanças. Além disso, como salientado por Klamt (2017), o emprego de fiscalização nas rodovias desempenha um papel educativo, inibindo o transporte de cargas acima da permitida e por consequência conservando o pavimento rodoviário.

No Brasil, a fiscalização de cargas por meio de UMO's empregada pelo DNIT tem gerado vasta base de dados. Paralelamente a isso, o programa de gerência de pavimentos do DNIT também tem produzido relatórios e acumulado dados da qualidade do pavimento de várias rodovias federais ao longo dos anos.

Entretanto, ainda que se tenha os dois programas em desenvolvimento pelo mesmo Órgão, não houve a junção de seus resultados. A análise conjunta dos dados obtidos pode auxiliar no monitoramento da deterioração de pavimentos resultante da prática de excesso de carga e na melhor compreensão desse processo.

Portanto, existe a necessidade de se obter resultados que demonstrem a importância da existência do programa de controle de cargas empregado pelo DNIT, refletindo na conservação do pavimento das rodovias e por consequência, na economia de verbas públicas destinadas a manutenções e reconstruções imprevistas.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para melhor compreensão do desenvolvimento deste trabalho, seu conteúdo está subdividido em 5 capítulos, cada qual organizado em subtópicos, como descrito a seguir.

- Capítulo 1: Neste capítulo, no qual encontra-se compreendido o presente subtópico, é apresentada a introdução deste trabalho, nela consiste, além de um breve demonstrativo da relevância deste estudo, os objetivos, gerais e específicos, a serem alcançados e a justificativa do seu desenvolvimento.
- Capítulo 2: Intitulado de Revisão Bibliográfica, é o capítulo responsável por apresentar os conceitos teóricos necessário para o bom entendimento do tema abordado e das análises subsequentes a serem desenvolvidas nos capítulos posteriores.

- Capítulo 3: Neste capítulo, nomeado Método Proposto, é demonstrado, por meio de fluxograma, o método desenvolvido neste trabalho para obtenção de dados, escolha de cenário a ser estudado, tratamento de dados e análises de resultados, sendo cada um destes tópicos compreendidos como uma etapa a ser seguida.
- Capítulo 4: No capítulo 4, apresenta-se os dados e desenvolve-se as análises propostas, obtendo resultados e discutindo-os.
- Capítulo 5: Por fim, no capítulo 5 são feitas as considerações finais do trabalho, envolvendo as conclusões obtidas nesta monografia e as sugestões de temas relacionados ao aqui desenvolvido para a continuidade dos estudos.
- Referências bibliográficas: Todas as referências bibliográficas como Normas, Leis, Relatórios, Artigos, Manuais e outros trabalhos utilizadas nesta monografia encontram-se em um último tópico localizado ao fim deste trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PROJETOS RODOVIÁRIOS

No Guia de Análise de Projetos Rodoviários do DNIT (2018) são apresentados os estudos e projetos que, de maneira geral, um projeto rodoviário deve conter. Na Figura 2.1 são apresentados de modo esquemático os estudos básicos que devem ser realizados para o desenvolvimento de um projeto rodoviário e os projetos relacionados à infraestrutura, à superestrutura e às obras de arte especiais.

Neste Guia esclarece-se ainda que a realização dos estudos básicos resulta na determinação do traçado preliminar da rodovia e buscam obter as características físicas do local. Desta forma, estes estudos subsidiam os projetos de infraestrutura, superestrutura e de obras de arte especiais. Como visto na Figura 2.1, os estudos básicos compreendem estudos geológicos, geotécnicos, hidrológicos de rodovias, hidráulicos e hidrológicos de obras de arte especiais (OAE), topográficos e de tráfego.

Quanto aos estudos de tráfego, tem-se que as características do tráfego mais importantes para o projeto e análise estrutural do pavimento, segundo Fontenele (2011), são o volume de tráfego, os veículos que o compõem e as cargas geradas por ele. Esta informação é reafirmada por Chou (1996) ao dizer que não apenas o volume de tráfego afeta o desempenho do pavimento, mas também a carga dos veículos que formam este tráfego.

Ainda segundo Fontenele (2011), o volume de tráfego é definido, simplificadamente, como “o número de veículos que atravessam uma determinada seção transversal de uma via na unidade de tempo”. Desta forma torna-se fundamental conhecer a composição veicular deste tráfego, ou seja, as proporções de cada tipo de veículo que compõem o tráfego, incluindo os diferentes tipos de caminhões e ônibus. Para isso, a melhor maneira de quantificar este volume é por meio da contagem classificatória e volumétrica em campo, definindo assim o Volume Diário Médio Anual (VMDA) da rodovia. Já os tipos de veículos e cargas serão melhor explicados mais adiante nos itens subsequentes.

A respeito das etapas seguintes apresentadas na Figura 2.1, no Manual de Implantação Básica de Rodovia do DNIT (2010) introduz-se a noção de que a estrutura de uma rodovia pode ser dívida em duas componentes. A primeira componente diz respeito a infraestrutura rodoviária e corresponde a plataforma terraplanada, com seus atributos e requisitos, aos

sistemas de proteção e drenagem, que tratam da preservação da via, e das obras de arte especiais, como pontes, viadutos e túneis. Já a segunda componente compreende a superestrutura rodoviária e corresponde ao pavimento, destacando-se o revestimento que cumpre o papel de interação direta com o tráfego, e aos dispositivos de sinalização e obras complementares, que objetivam a segurança do usuário.

Segundo o apresentado no Guia de Análise de Projetos Rodoviários do DNIT (2018), o projeto de infraestrutura objetiva adequar a superfície do terreno às condições geométricas exigidas pela rodovia. Para isso, desenvolvem-se os projetos de terraplenagem, que abrange o subleito e as demais camadas do pavimento inferiores ao revestimento, determinando o greide do pavimento. Também, elaboram-se os projetos de obras de proteção dos taludes, drenagem subterrânea e obras de arte correntes (OAC), que tem por objetivo comum a preservação do pavimento, aumentando sua segurança e sua vida útil.

Além disso, conforme o Guia de Análise de Projetos Rodoviários do DNIT (2018), a superestrutura busca permitir o tráfego de veículos sobre a rodovia com conforto, segurança, velocidade e economicidade. Dessa maneira, essa etapa trata dos projetos de pavimentação, drenagem superficial, iluminação, sinalização e obras complementares.

A quarta etapa apresentada na Figura 2.1 abarca as obras de arte especiais que, segundo descrito no Guia de Análise de Projetos Rodoviários do DNIT (2018), corresponde a elaboração dos projetos de pontes e viadutos rodoviários, muros de terra armada e passarela de pedestres. Por último, a etapa do orçamento compreende a composição de todos os custos de construção, como os custos diretos dos serviços previstos e os custos indiretos decorrentes destes.

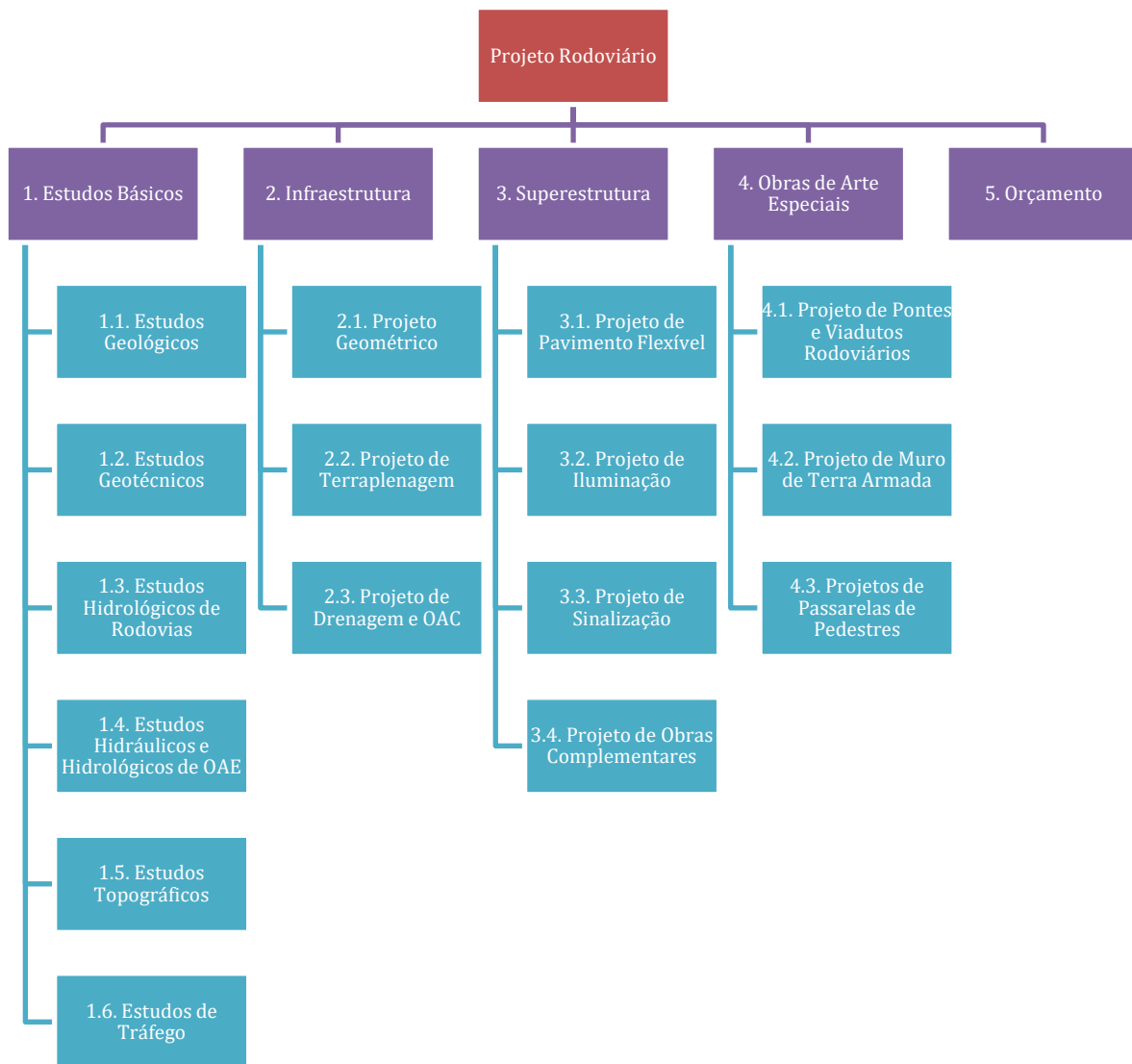


Figura 2.1 - Esquema de disciplinas das etapas a serem desenvolvidas em um projeto rodoviário (modificado – DNIT, 2018)

Na Tabela 2.1 são apresentadas as interdependências de todas as matérias pertencentes às cinco etapas da Figura 2.1. Nela discrimina-se as disciplinas antecessoras e sucessoras de cada uma das disciplinas. O conhecimento de todas as disciplinas contidas em um projeto rodoviário e de suas interdependências é essencial, já que modificações em uma delas pode interferir nas outras. Por isso, conforme descrito no Guia, a análise de um projeto deve levar em conta os estudos ou projetos que o antecedem, como por exemplo no projeto de pavimento flexível, em que é necessário verificar se este está consistente com os estudos geotécnicos, estudo de tráfego e projeto geométrico.

Tabela 2.1 - Interdependências diretas entre as disciplinas de um projeto rodoviário (DNIT, 2018)

Disciplinas antecessoras	Disciplinas	Disciplinas sucessoras
1. ESTUDOS BÁSICOS		
-	1.1. Estudo Geológico	Estudo Geotécnico
Estudo Geológico	1.2. Estudo Geotécnico	Projeto Geométrico; Projeto de Terraplenagem; Projeto de Drenagem e OAC; Projeto de Pavimento Flexível; Projeto de Pontes e Viadutos Rodoviários; Projeto de Muro de Terra Armada; Projeto de Passarelas de Pedestres
Estudo Geológico; Estudo Topográfico	1.3. Estudo Hidrológico de Rodovias	Projeto Geométrico; Projeto de Drenagem e OAC
Estudo Geológico; Estudo Topográfico	1.4. Estudo Hidráulico e Hidrológico de OAEs	Projeto de Pontes Rodoviários
-	1.5. Estudo Topográfico	Estudo Hidrológico de Rodovias; Estudo Hidráulico e Hidrológico de OAEs; Projeto Geométrico
-	1.6. Estudo de Tráfego	Projeto Geométrico; Projeto de Pavimento Flexível
2. INFRAESTRUTURA		
Estudo Geotécnico; Estudo Hidrológico de Rodovias; Estudo Topográfico; Estudo de Tráfego	2.1. Projeto Geométrico	Estudo Hidráulico e Hidrológico de OAEs; Projeto de Terraplenagem; Projeto de Drenagem e OAC; Projeto de Pavimento Flexível; Projeto de Iluminação; Projeto de Sinalização; Projeto de Obras Complementares; Projeto de Pontes e Viadutos Rodoviários; Projeto de Muro de Terra Armada; Projeto de Passarelas de Pedestres
Estudo Geotécnico; Projeto Geométrico	2.2. Projeto de Terraplenagem	Projeto de Drenagem e OAC; Orçamento
Estudo Geotécnico; Estudo Hidrológicos; Projeto Geométrico; Projeto de Terraplenagem; Projeto de Pavimento Flexível	2.3. Projeto de Drenagem e OAC	Orçamento
3. SUPERESTRUTURA		
Estudo Geotécnico; Estudo de Tráfego; Projeto Geométrico	3.1. Projeto de Pavimento Flexível	Projeto de Sinalização; Projeto de Drenagem e OAC; Projeto de Obras Complementares; Orçamento
Projeto Geométrico	3.2. Projeto de Iluminação	Orçamento
Estudo de Tráfego; Projeto Geométrico; Projeto de Pavimento Flexível	3.3. Projeto de Sinalização	Orçamento
Projeto Geométrico; Projeto de Pavimento Flexível	3.4. Projeto de Obras Complementares	Orçamento

Disciplinas antecessoras	Disciplinas	Disciplinas sucessoras
4. OBRAS DE ARTE ESPECIAIS		
Estudo Geotécnico; Estudo Hidrológico; Estudo Topográfico; Projeto Geométrico	4.1. Projeto de Pontes e Viadutos Rodoviários	Orçamento
Estudo Geotécnico; Estudo Topográfico; Projeto Geométrico	4.2. Projeto de Muro de Terra Armada	Orçamento
Estudo Geotécnico; Estudo Topográfico; Projeto Geométrico	4.3. Projeto de Passarelas de Pedestres	Orçamento
5. ORÇAMENTO		
Projeto de Terraplenagem; Projeto de Pavimento Flexível; Projeto de Drenagem e OAC; Projeto de Iluminação; Projeto de Sinalização; Projeto de Obras Complementares; Projeto de Pontes e Viadutos Rodoviários; Projeto de Muro de Terra Armada; Projeto de Passarelas de Pedestres; Componente Ambiental	5.1. Orçamento	-

Segundo a CNT (2017), um dos principais métodos de dimensionamento de pavimentos utilizado no Brasil é o apresentado no Manual de Pavimentação do DNIT (2006), uma terceira edição, com alguns ajustes, do manual desenvolvido pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) em 1960. Neste Manual é apresentado o modo de dimensionamento do pavimento em relação ao tráfego encontrando um número equivalente de operações de um eixo tido como padrão. Esse eixo padrão é simples, de rodas duplas e possui carga de 8,2 toneladas e o fator de equivalência entre ele e outros eixos com diferentes cargas é obtido a partir de um ábaco.

Além disso, no manual é esclarecido que a partir do volume médio diário inicial e de uma taxa de crescimento anual do tráfego, obtém-se o volume médio diário de tráfego durante o período de vida do pavimento e com isso o volume total de tráfego que poderá passar por esse pavimento.

Conhecendo o volume total de tráfego durante o período definido, pode-se encontrar o número equivalente de operações do eixo simples padrão, que é o principal parâmetro de tráfego utilizado no dimensionamento do pavimento. Este é correlacionado com a espessura

mínima de revestimento betuminoso a ser utilizado para proteção da camada de base e evitar a sua ruptura frente aos esforços dados pelo tráfego.

A CNT (2017) trouxe ainda um comparativo entre o método brasileiro de dimensionamento de pavimento mais utilizado e três métodos utilizados em outros países, sendo eles, Estados Unidos da América, Japão e Portugal. A metodologia brasileira utilizada neste comparativo é a apresentada pelo Manual de Pavimentação do DNIT de 2006, que segundo a CNT é essencialmente igual em conteúdo técnico ao desenvolvido pelo DNER em 1960. Esse comparativo é observado na Tabela 2.2, onde destacam-se informações como o ano da última revisão de cada método e os fatores considerados no dimensionamento segundo cada um deles.

Tabela 2.2 - Comparativo entre métodos de dimensionamento de pavimento (CNT, 2017)

País	Brasil	EUA	Japão	Portugal
Método	Método DNER	MEPDG	Método Ta*	MACOPAV e Método da Shell
Ano da última revisão técnica	1960	2015	1992	1995
Tipo de método	Empírico	Mecanístico-Empírico	Empírico	Mecanístico-Empírico
Fatores considerados	Tráfego; Clima (é considerado um fator único para o país inteiro, que tem características climáticas diferentes); Capacidade de suporte CBR	Tráfego; Clima; Capacidade de suporte da fundação; Propriedades mecânicas dos materiais; Nível de confiabilidade do projeto	Tráfego; Clima; Capacidade de suporte CBR da fundação; Nível de confiabilidade do projeto	Tráfego; Clima; Capacidade de suporte CBR da fundação; Propriedades mecânicas dos materiais
Permite adaptação para o clima específico de cada localidade?	Não (FR = 1 para todo o país)	Sim	Não (Curva CBR adaptada para todo o país)	Parcialmente (O país é dividido em macrorregiões)
Utiliza apoio de software?	Não	Sim	Não	Sim

País	Brasil	EUA	Japão	Portugal
Período de dimensionamento	10 anos	25 anos	10 anos	20 anos
Eixo padrão considerado	8,2 t (aproximadamente 80,4 KN)	Não trabalha com eixo padrão, mas adota um espectro de carregamento por eixo para diferentes tipos de veículos	aproximadamente 5 t (49 KN)	aproximadamente 8,1t (80 KN)

*Para o Japão, foram apresentadas as características do método Ta por este ainda ser o modelo predominantemente adotado. No entanto, cabe destacar que há liberdade total para adoção de qualquer método para dimensionamento de pavimentos no país, desde que atendidos os indicadores de performance.

O ciclo de deterioração das rodovias é apresentado no Manual de Conservação Rodoviária da Bolívia (2011). Segundo a informação contida neste Manual a fase inicial é a construção da rodovia e refere-se ao estado inicial da rodovia logo após o fim das obras, podendo variar de uma rodovia bem construída e com poucos defeitos até uma mal projetada e com deficiente execução. A fase seguinte corresponde a deterioração lenta e pouco visível, já que apesar da constante deterioração do pavimento provocada pelo tráfego e fatores naturais, como o clima, as chuvas e radiação solar, a rodovia passa por rotineiras medidas de conservação para frear este processo de desgaste. Porém, como salientado no Manual, caso essas medidas não sejam adotadas, esta fase se encurta e a rodovia tende a perder o bom estado de uso.

Na terceira fase do ciclo a rodovia entra em um estado de acelerada deterioração, não sendo mais capaz de resistir tão bem aos desgastes proporcionados pelo tráfego. Esta fase é subdividida em dois períodos, no primeiro o usuário ainda tem boa impressão da rodovia, já que esta apresenta poucos defeitos, porém, além da camada de revestimento, as camadas inferiores começam a sofrer maiores danos. No segundo período, os defeitos deixam de ser pontuais e tomam conta de boa parte da rodovia, acelerando ainda mais o seu desgaste. A terceira fase tende a ser mais rápida, ainda assim, existem meios de reduzir seus efeitos, no caso do primeiro período, no Manual recomenda-se a execução de um reforço na superfície, já no segundo período, este simples e de menor custo reforço não é mais suficiente, devendo neste caso primeiro reparar os danos da estrutura básica após isso aplicar um reforço sobre toda a rodovia.

Quando não se intervém nos efeitos da terceira fase, alcança-se a quarta e última fase, também denominada de “perda total”. A rodovia neste ponto já sofre por falha generalizada, não havendo mais possibilidade de reabilitação e restando apenas a reconstrução total da estrutura, sendo o custo deste processo entre 50% e 80% do valor da rodovia nova.

Conforme descrito no Manual de Pavimentação do DNIT (2006) o pavimento rodoviário é definido como a superestrutura composta de um conjunto de camadas de espessuras finitas formadas de materiais de diferentes resistências e deformabilidades. Estas são apoiadas sobre um semi-espaço, tido na teoria como infinito, que corresponde à infraestrutura ou terreno de fundação, também chamado de subleito

Bernucci et al. (2010) definem de forma semelhante a estrutura do pavimento como sendo um “sistema de camadas assentes sobre uma fundação chamada subleito.”, além disso, informam que seu comportamento estrutural depende de características como espessura e rigidez dessas camadas e do subleito e também da interação entre elas. Os autores salientam ainda que a estrutura do pavimento pode ser dividida em dois tipos, os pavimentos rígidos e os flexíveis.

A estrutura do pavimento flexível, associado em geral ao revestimento asfáltico, segundo Bernucci et al. (2010), é composto comumente por uma camada superficial de concreto asfáltico que se apoia sobre as camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, conforme a Figura 2.2.

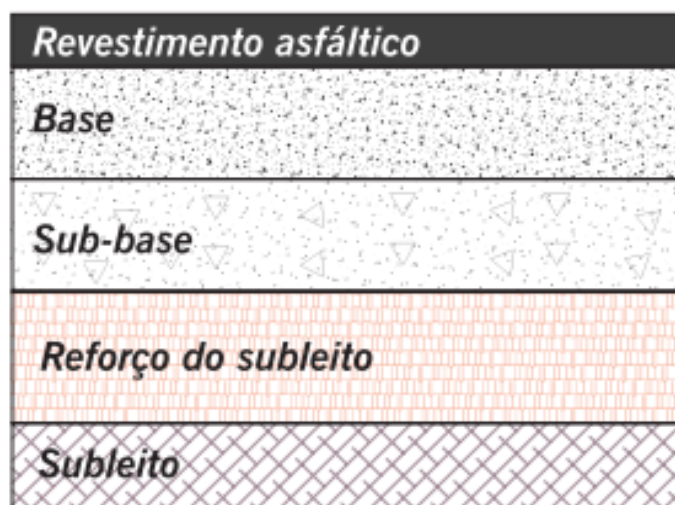


Figura 2.2 - Estrutura do pavimento flexível (Bernucci et al., 2010)

Senço (2008) apresenta conceitos da relação entre cargas e a estrutura do pavimento. Segundo este autor as cargas oriundas do tráfego são predominantemente verticais e a camada responsável por resistir e distribuir os esforços originados por estas cargas, chama-se base do pavimento. Já a camada mais externa e que possui um contato direto com os pneumáticos dos veículos, é chamada de capa de rolamento, ou revestimento, e tem por objetivo resistir aos esforços que serão encaminhados à base. É ressaltado por ele que a capa de rolamento sofre constante desgaste provocado por estes esforços, razão pela qual se faz necessário ações periódicas de manutenção ou restauração, como recapeamento (aplicação de uma nova camada de revestimento superposta à antiga) ou, no segundo caso, a substituição total deste revestimento.

O subleito, conforme Senço (2008), é a fundação do pavimento, tendo por função a absorção dos esforços distribuídos pelas camadas do pavimento, podendo ser considerado pertencente a esta classificação apenas a camada próxima à superfície do semi-espaço infinito, sobre a qual está sobreposta, já que conforme se aprofunda no maciço, as pressões exercidas pelas cargas vão se dissipando até tornarem-se insignificantes. Apesar de costumeiramente as sondagens para determinação dos materiais formadores do subleito serem de até três metros a partir da superfície, considera-se efetivamente como fundação a camada aproximadamente contida entre um e um metro e meio de profundidade.

A camada sobreposta ao subleito, com espessura irregular e objetivo de moldar sua superfície transversalmente e longitudinalmente com o previsto em projeto, nomeia-se de regularização. Esta camada é preferencialmente executada em aterro e é responsável por proporcionar as devidas características geométricas do projeto, como inclinação transversal, à superfície do pavimento finalizado. Exemplo de atribuição desta camada é a comum imposição da inclinação de dois por cento das rampas em corte transversal de trecho rodoviário em tangente.

O reforço do subleito, por sua vez, é uma camada com espessura constante, por vezes inexistente, que possui características tecnológicas superiores às da camada de regularização, porém inferiores às da camada a qual serve de apoio, também denominada como sub-base, à qual serve de complemento, resistindo e distribuindo esforços verticais.

A sub-base é uma camada complementar à base, revestimento instantaneamente superior a esta. É utilizada quando, justificavelmente, a base não puder ser alocada diretamente sobre a regularização ou sobre o reforço do subleito, sendo constituída de material tecnologicamente superior aos das camadas inferiores.

A base é a responsável por resistir e distribuir aos esforços verticais originados pelo tráfego. Na prática, a estrutura do pavimento é resumidamente constituída de revestimento e base, onde nesta segunda inclui-se, caso existam, a sub-base e o reforço do subleito.

Por fim, o revestimento, ou capa de rolamento, é a interface direta de interação com o tráfego, já que recebe de forma direta as cargas provenientes deste. Deve, portanto, garantir o conforto e a segurança dos usuários.

Os pavimentos rodoviários podem, de uma forma geral, serem divididos em duas classes, em rígidos ou em flexíveis. Resumidamente, segundo Senço (2008), os rígidos são feitos de concreto de cimento Portland e possuem pouca capacidade de deformação, tornando-se suscetíveis à rompimento por tração na flexão se sujeitos a deformações. Já os flexíveis, possuem mais capacidade de deformação sem necessariamente serem levadas ao rompimento.

De acordo com a CNT (2017), usa-se material asfáltico em pavimentos flexíveis, enquanto nos rígidos emprega-se concreto de cimento Portland. Também é informado que o revestimento rígido possui uma elevada rigidez em comparação com as camadas mais inferiores, sendo, por isso, responsável pela absorção e distribuição de quase todas as tensões geradas pelo tráfego, proporcionando esforços verticais reduzidos ao subleito.

A CNT (2017) afirma ainda que em 99% da malha rodoviária brasileira, emprega-se o pavimento flexível que possui um revestimento comumente asfáltico sobre camadas granulares. Nele, as cargas decorrentes do tráfego, são distribuídas de forma equivalente entre as camadas que sofrem, de forma conjunta, deformações elásticas.

Nas Figuras 2.3 e 2.4 são apresentadas as formas de distribuição de cargas característica de cada tipo de pavimento. Além disso, as principais diferenças entre os pavimentos rígidos e flexíveis são apresentadas na Tabela 2.3. Nela atenta-se para dois importantes fatores, a durabilidade e o custo de investimento inicial, já que pavimentos rígidos possuem em geral um investimento inicial 30% superior ao dos pavimentos flexíveis, porém, o seu tempo de vida útil é de 32% a 40% superior. Sendo necessário por isso a realização de análise de custo-benefício destas opções para determinar qual o mais adequado a se empregar em cada caso.

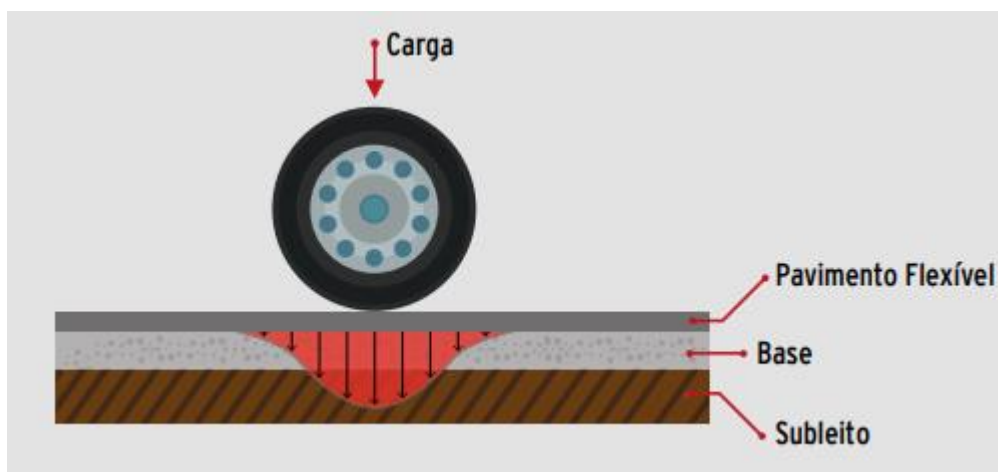


Figura 2.3 - Distribuição de carga em pavimento flexível (CNT, 2017)

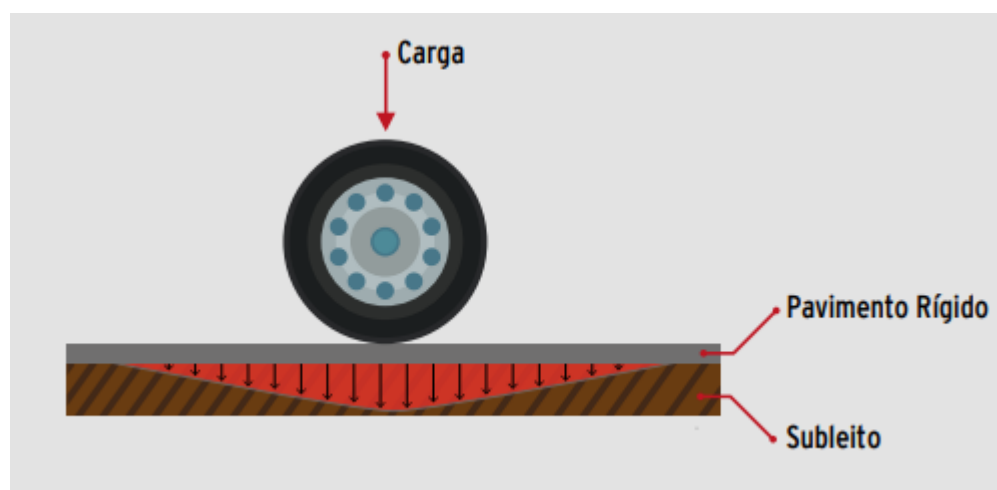


Figura 2.4 - Distribuição de carga em pavimento rígido (CNT, 2017)

Tabela 2.3 - Comparativo entre tipos de pavimento (CNT, 2017)

	Pavimentos flexíveis	Pavimentos rígidos
Investimento inicial	Varia de acordo com os materiais utilizados e os valores dos insumos por região	Assim como os pavimentos flexíveis, o investimento inicial também varia, mas se considera que esse valor seja em média 30% maior em relação ao pavimento flexível
Vida útil (com manutenção)	8 a 12 anos	25 a 30 anos
Manutenção	Manutenção frequente e mais complexa	Pouca necessidade de manutenção e ações mais simples

	Pavimentos flexíveis	Pavimentos rígidos
Espessura/estruturação	Estrutura mais espessa com camadas múltiplas	Menos camadas, conseqüentemente menor espessura
Distribuição das tensões	A carga é distribuída a todas as camadas, que sofrem deformações elásticas significativas	Placa absorve a maior parte das tensões e as distribui sobre uma área relativamente maior
Materiais utilizados	O asfalto é derivado do petróleo, normalmente misturado a quente, consumindo combustível	O concreto é feito de materiais locais, misturado a frio, consumindo, geralmente, energia elétrica
Reação com produtos químicos	Suscetíveis a alterações químicas irreversíveis	Pouco suscetíveis a reações químicas e à contaminação
Aderência das demarcações (sinalização horizontal)	De textura mais rugosa, apresenta melhor aderência das demarcações da pista	Devido ao seu baixo índice de porosidade, apresenta baixa aderência das demarcações
Difusão de luz	Menor índice de reflexão de luz	Coloração clara, apresentando melhor capacidade de difusão de luz (refletividade)
Drenagem	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos (inclinação lateral)	Melhores características de drenagem superficial: escoamento melhor a água superficial
Segurança quanto à derrapagem	Superfície escorregadia quando molhada	Fornecer boa aderência do pneu, devido à textura dada a superfície

Tem-se a compreensão de defeitos ocorrentes em pavimentos flexíveis apresentada na Norma DNIT 005/2003 - TER, que define os termos utilizados pelo DNIT na caracterização dos defeitos. Estes são elencados como fenda, afundamento, ondulação, escorregamento, exsudação, desgaste, panela e remendo.

Define-se como fenda toda descontinuidade existente no pavimento, que possa conduzir a maiores ou menores aberturas, sendo classificadas como fissura ou trinca. A fissura é tida como a fenda, presente no revestimento, que possui largura capilar e, portanto, são incapazes de ocasionar problemas funcionais ao revestimento. Por sua vez, a trinca é considerada a fenda visível de forma fácil à vista desarmada, ou seja, que possui abertura superior à da fissura. Esta última pode ser classificada como isolada ou interligada.

Trincas isoladas podem ser do tipo transversal, longitudinal ou de retração. A primeira e a segunda se diferenciam pelo sentido em que ocorrem, sendo transversal quando a direção predominante for ortogonal ao eixo da via e longitudinal quando

predominantemente paralela a este eixo. Já a de retração é atribuída ao fenômeno de retração térmica do revestimento ou da base.

Enquanto isso, as trincas interligadas são classificadas como do tipo “couro de jacaré” ou do tipo “bloco”. Trincas interligadas do tipo couro de jacaré é o conjunto de trincas, com ou sem erosão acentuada em suas bordas, sem direções preferenciais, que por sua vez, assemelham-se ao formato do couro de jacaré. Trincas do tipo bloco, é o conjunto de trincas, também com ou sem erosão acentuada em suas bordas, que possui configuração de blocos bem definidos.

O afundamento é tido como a deformação permanente indicada pela depressão na superfície do pavimento, com ou sem solevamento, sendo dividida em dois tipos, plástico ou de consolidação. O afundamento plástico é causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou de seu subleito, com solevamento, sendo classificada como afundamento plástico local quando possuir extensão menor que 6 metros ou afundamento plástico de trilha de roda quando superior a esta extensão. Já o afundamento de consolidação é ocasionado pela consolidação de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito, sem solevamento, também sendo classificada como local ou de trilha de roda quando apresenta extensões menor ou maior que 6 metros, respectivamente.

Outros defeitos são: A presença de ondulações ou corrugações na superfície do pavimento; o deslocamento do revestimento sobre a camada de base, também chamado de escorregamento, que origina fendas em formato de meia-lua; a exsudação do ligante betuminoso até a superfície do pavimento; o desgaste do pavimento ocasionado pelos esforços oriundos do tráfego e que proporciona à superfície pavimento uma característica áspera; a formação de cavidade (também chamado de panela ou buraco) no revestimento, que pode alcançar camadas da base, causando também sua deterioração; remendos, profundos ou superficiais, a depender da quantidade de camadas aplicadas com a finalidade de preenchimento das panelas.

Na Figura 2.5 são apresentadas as ilustrações dos defeitos conforme o Anexo B da Norma DNIT 005/2003 - TER, nela observa-se a diferença entre as trincas, isoladas longitudinal e transversal e interligadas do tipo bloco e do tipo jacaré. Além disso, torna-se possível observar também a diferença entre os afundamentos local e em trilha de rodas e os outros tipos de defeitos citados.

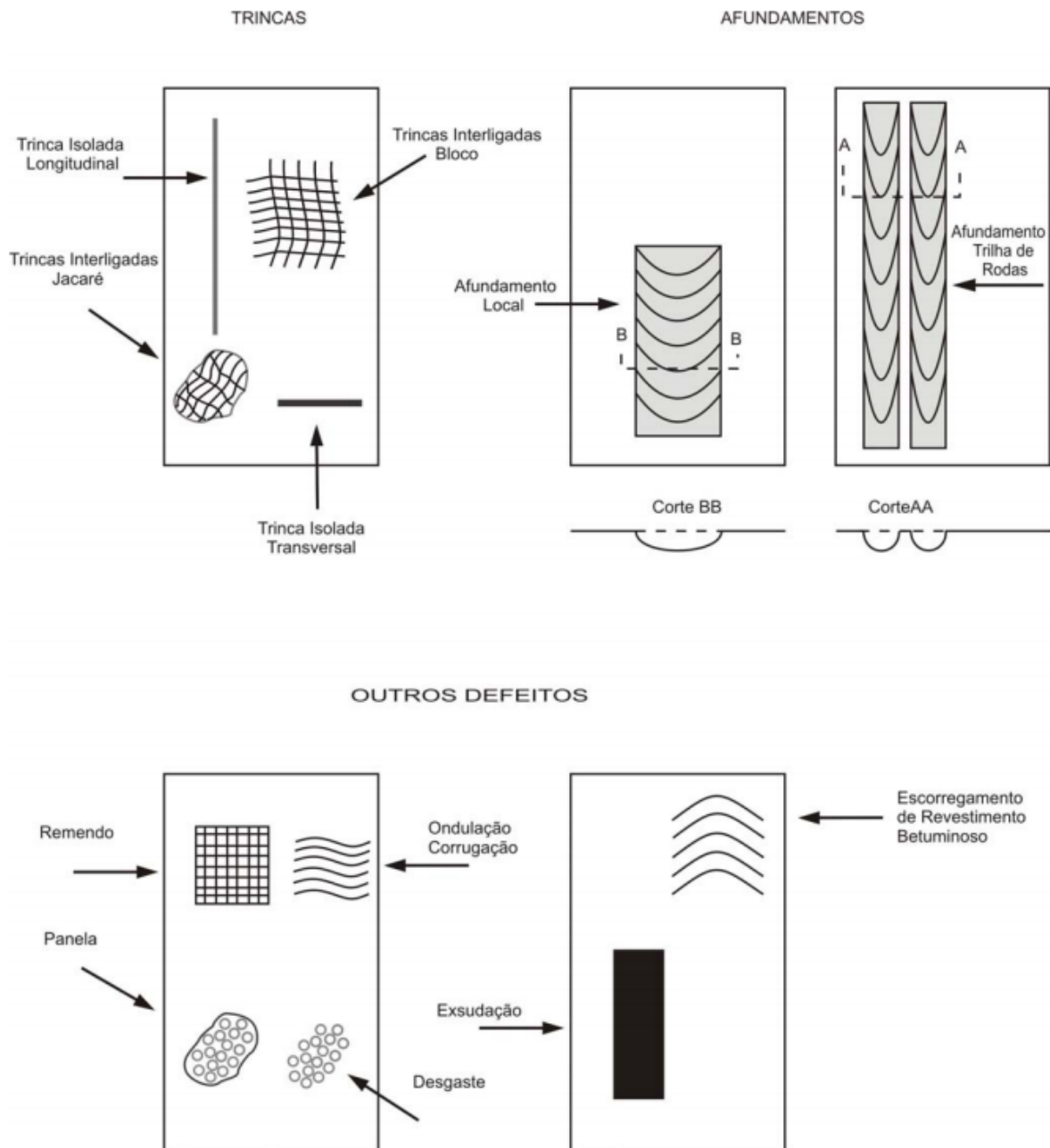


Figura 2.5 - Representação esquemática dos defeitos do pavimento (DNIT, 2003)

Fontenele (2011) afirma que as cargas do tráfego geram ações sobre o pavimento que provocam deformações recuperáveis e permanentes, a primeira existindo devido ao comportamento elástico do pavimento, deixando, portanto, de existir quando a aplicação da carga cessa. Segundo ela ainda, ambas as deformações são dependentes também dos materiais que constituem as camadas do pavimento e suas respectivas características, da pressão de enchimento dos pneus dos veículos e da geometria do carregamento aplicado.

Apesar da carga de tráfego não ser o único causador da deterioração do pavimento, dois dos principais defeitos encontrados nas rodovias, segundo Fontenele (2011), são as trincas por fadiga e os afundamentos nas trilhas de roda.

2.2 DETERIORAÇÃO DO PAVIEMNTO

No Manual de Estudos de Tráfego do DNIT (2006) existe a classificação dos veículos de carga levando em consideração o número de eixos e grupos de eixos da unidade simples ou tratora e das unidades rebocadas. Outra informação importante do caminhão é o seu tipo de rodagem, sendo simples quando houver apenas um pneumático e dupla quando houver dois pneumáticos em cada extremidade.

As classes são definidas por códigos alfanuméricos, do tipo N-L-N onde o primeiro algarismo numérico (N) indica a quantidade de eixos do veículo simples ou da unidade tratora, enquanto o segundo, no caso de existir, o número de eixos das unidades rebocadas. Já a letra (L), que vem após o primeiro algarismo, indica o tipo de veículo ou combinação, conforme apresentado na Tabela 2.4, que contém as letras utilizadas nos códigos e seus respectivos significados. Neste Manual também é listado vários exemplos de caminhões e ônibus existentes no Brasil, com suas respectivas nomenclaturas e códigos. São exemplos a Classe 2C (Caminhão) e a Classe 3S2 (Caminhão trator trucado com semi-reboque), onde a primeira é formada por um veículo simples (indicado pela letra C) com dois eixos, a segunda por um veículo trator (indicado pela letra S) com 3 eixos e um semi-reboque com 2 eixos.

Tabela 2.4 - Significado das contidas nos códigos de classificação veicular (DNIT, 2006)

Letra	Significado
C	Veículo simples (caminhão ou ônibus) ou veículo trator + reboque
S	Veículo trator (cavalo mecânico) + semirreboque
I	Veículo trator + semirreboque com distância entre eixos maior que 2,40 m (eixos isolados)
J	Veículo trator + semirreboque com um eixo isolado e outro em tandem
D	Combinação dotada de 2 (duas) articulações
T	Combinação dotada de 3 (três) articulações
Q	Combinação dotada de 4 (quatro) articulações
X	veículos especiais (usados para transportar cargas excepcionais em peso ou dimensões, possuem mais de 9 eixos, necessitando, portanto, de uma Autorização Especial de Tráfego - AET)
B	ônibus

Na Tabela 2.5 são apresentadas as configurações de eixos, pneus e suspensões, relacionados a sua carga máxima de transporte, segundo o DNIT (2006). Nela observa-se que conforme aumenta-se a quantidade de eixos e pneus, acresce-se a capacidade de carga. Como exemplo tem-se que um eixo simples com 2 pneus apresenta carga máxima de 6 toneladas, enquanto um eixo duplo com 8 pneus pode carregar até 17 toneladas (t) quando possuir suspensão em tandem.

Tabela 2.5- Configurações de eixos, pneus e suspensões (modificado - DNIT, 2006)

Configuração	Distância entre eixos (m)	Quantidade de eixos	Quantidade de pneus	Suspensão	Carga máxima autorizada (t)
Eixo isolado de 2 pneumáticos	-	1	2	-	6
Eixo isolado de 4 pneumáticos	-	1	4	-	10
Conjunto de 2 eixos direcionais com 2 pneumáticos cada	-	2	4	-	12
Conjunto de 2 eixos em tandem	De 1,20 a 2,40	2	8	Tandem	17
Conjunto de 2 eixos não em tandem	De 1,20 a 2,40	2	8	Não tandem	15
Conjunto de 3 eixos em tandem	De 1,20 a 2,40	3	12	Tandem	25,5
Conjunto de dois eixos, sendo um dotado de 4 pneumáticos e outro de 2 pneumáticos interligados por suspensão especial	Menor que 1,20	2	6	Especial	9
Conjunto de dois eixos, sendo um dotado de 4 pneumáticos e outro de 2 pneumáticos interligados por suspensão especial	De 1,20 a 2,40	2	6	Especial	13,5
Conjunto de dois eixos com 4 pneumáticos cada	Maior que 2,40	2	8	-	20
Conjunto de três eixos com 4 pneumáticos cada	Maior que 2,40	3	12	-	30

Raheel (2018) afirma que a magnitude dos danos a uma rodovia depende da configuração de eixos (eixo simples, tandem ou tridem), do número de eixos, já que um número maior de eixos distribui melhor a carga, do sistema de suspensão, da pressão dos pneus e da magnitude da carga. Em estudo sobre infrações por excesso de carga de uma das principais rodovias do Paquistão, concluiu-se que o fator de caminhão, ou em inglês o *truck factor*, fator diretamente ligado à carga de eixo padrão equivalente ou em inglês *Equivalent Single Axle Load* (ESAL), de veículos com dois eixos é aproximadamente 3,33 vezes o de veículos com 3 eixos e 5,45 vezes os de semi-reboques com 6 eixos.

Conforme Chou (1996), a deterioração causada ao pavimento por um ESAL é igual a proporcionada por um eixo simples carregado com 8,2 toneladas. Além disso, a determinação da média de ESALs é um parâmetro importante para o desenvolvimento do projeto do pavimento e sua manutenção.

Outro quesito importante a ser considerado quanto aos veículos de carga é o Fator de Equivalência de Carga (FEC). Segundo Fernandes Júnior (1994), a grande variação local e temporal do volume de tráfego e da magnitude das cargas dificulta a análise dos efeitos proporcionados pelas solicitações deste tráfego sobre o pavimento. Além disso, conhecer tais efeitos é fundamental no processo de dimensionamento e gerenciamento de pavimentos. Por isso, desenvolveu-se o FEC, com a finalidade de estimar os efeitos cumulativos da grande variabilidade do tráfego e suas condições.

O mesmo autor afirma que o FEC possibilita a conversão das diferentes solicitações originadas por diferentes veículos em um número equivalente de aplicações de uma solicitação padrão. Isso permite, por exemplo, a mensuração relativa dos danos causados ao pavimento por diferentes tipos de veículos a depender de suas solicitações.

Pais (2018) afirmou que o tráfego é o principal responsável pela deterioração no pavimento, uma vez que o carregamento aplicado pelos eixos dos veículos de carga causa trincas por fadiga e afundamentos nas rodovias, exigindo, assim, reparos. Também é necessário levar em consideração, na elaboração do projeto, todos os veículos pesados que irão trafegar por ela. Após realizar 420 pesagens em uma rodovia e analisar esses dados, supondo que o aumento do custo do pavimento rodoviário depende da diminuição de sua vida útil ocasionado pelo excesso de carga e do aumento da espessura do pavimento para suportar esse sobrepeso. Ou seja, a diferença entre a espessura para tolerar os veículos sobrecarregados e a necessária para esses veículos dentro da legalidade, permite calcular o aumento no custo do pavimento. A conclusão do caso estudado foi de que, para alguns veículos, essa espessura deveria aumentar em 0,10 m, o que corresponde a um acréscimo no

valor do pavimento de até 30%. Porém, para um outro tipo de caminhão, essa adição poderia chegar a 100%, dependendo, portanto, do nível de tráfego para se determinar esse incremento no pavimento.

Em um trabalho anterior, Pais (2013) estudou os efeitos da sobrecarga em uma rodovia de Portugal, com sistema de pesagem em movimento, responsável por grande parte do tráfego entre esse país e a Espanha com a finalidade de avaliar os efeitos da sobrecarga em diversos tipos de pavimentos. Foi observado que o custo de manutenção ocasionado por caminhões sobrecarregados, pode ser até 100% maior que o custo dado por essa mesma frota dentro dos limites legais de Portugal, o que representa, na simulação estudada, uma diminuição para 70% de vida útil do pavimento prevista inicialmente.

Almeida (2019) disse que para uma mesma estrutura e mesmos critérios de projeto, os danos no pavimento variam com o tráfego esperado. Foram analisados dados de tráfego pesado do Equador onde os limites de carga não são comumente obedecidos e observou-se o impacto desse tráfego nas condições do pavimento. A conclusão foi de que, como já esperado, a sobrecarga atua significativamente na deterioração do pavimento e, no caso estudado, a redução da vida útil, ocasionada por essa sobrecarga, chega a ser de até 8 anos.

Wang (2015) sugere que o aumento da carga por eixo ou total aumenta o custo de manutenção da via, uma vez que reduz a sua vida útil. Em seu estudo, encontrou-se uma relação linear entre a taxa de sobrecarga e a redução da longevidade da rodovia que em geral respeita a regra de que a vida do pavimento se reduz em 1,8% para cada 1% de aumento de sobrecarga.

Em estudo de dados de balanças estáticas das rodovias Polonesas, sobre a relação da sobrecarga com a deterioração do pavimento, Rys (2015) concluiu que um aumento de 0 a 20% no número de veículos sobrecarregados, pode reduzir em 50% a vida do pavimento e uma redução de 10% desses veículos nas estradas da Polônia proporciona um aumento da vida de serviço do pavimento de 4 a 6 anos.

Ao estimar a equivalência de veículos com sobrecarga em relação ao eixo padrão simples adotado pelo Brasil para o dimensionamento de rodovias, Oliveira (2016), encontrou fatores de equivalência de carga que vão de 2,1-2,2 vezes o carregamento legal, para veículos com 20% de sobrecarga até 27,6 para caminhões com 70% de sobrecarga. Os elevados fatores de equivalência encontrados por ele para veículos com sobrecarga levam a uma fadiga precoce, reduzindo, assim, a vida útil do pavimento.

Por fim, Chou (1996) traz o conceito desenvolvido a partir do *American Association of State Highway Officials (AASHO) Road Test* de Lei da Quarta Potência, que estabelece a

relação entre o carregamento por eixo e a deterioração ao pavimento. Segundo esta lei, um eixo carregado com o dobro da carga de um outro eixo, causa 16 vezes mais dano ao pavimento que este último.

Ainda segundo a lei da quarta potência, Widmer (2002) afirma que esta relação é internacionalmente aceita, ou seja, os pavimentos flexíveis se deterioram aproximadamente com uma proporção de carregamento do eixo elevado à quarta potência. Desta forma, um aumento de 20% nos limites brasileiros de carregamento acarretaria a diminuição da vida útil do pavimento em aproximadamente 50%.

Réus (2014) afirma que aproximadamente 60% do transporte de cargas no Brasil é feito por rodovias. Isso se deve ao fato de o modo rodoviário proporcionar mais flexibilidade e atingir o país quase em sua totalidade. Esse dado é reafirmado pela CNT (2018), onde, mesmo passados 4 anos da afirmação de Réus, mais de 60% das cargas ainda são transportadas por rodovias.

A CNT (2018) apresenta que o Brasil possui uma malha rodoviária com 1.720.700 km, dos quais apenas 213.453 km são pavimentados, representando cerca de 12,41% do total. O mesmo estudo compara a densidade de malha rodoviária pavimentada do Brasil, que possui 25,1 km/1.000 km², com a de outros países como EUA, detentor de 437,8 km/1.000 km² e China, com malha de 421,6 km/1.000 km². Estas informações são melhor apresentadas na Tabela 2.6, na qual além destes países consta também a densidade de malha de outros países, inclusive da América do Sul.

Tabela 2.6 - Densidade da malha rodoviária pavimentada por país (CNT, 2018)

País	Densidade (km/km²)
EUA	437,8
China	421,6
México	70,0
Rússia	54,3
Uruguai	43,9
Brasil	25,1
Chile	24,0

Por fim, o relatório da CNT também informa que 13,9% da extensão total das rodovias brasileiras pavimentadas se encontram com estado de pavimentação péssimo ou ruim, 37,0% em condição regular e 49,1% dos pavimentos estão em estado ótimo ou bom. A Tabela 2.7 demonstra mais detalhadamente estas informações, nela é possível observar a quantidade de quilômetros e a porcentagem do total de cada classificação isoladamente.

Tabela 2.7 - Condição do pavimento rodoviário brasileiro (modificado - CNT, 2018)

Pavimento	Extensão Total	
	Quilômetros	%
Ótimo	45.211	42,3
Bom	7.315	6,8
Regular	39.664	37
Ruim	10.205	9,5
Péssimo	4.766	4,4
Total	107.161	100

Segundo as estatísticas do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) (2017), em janeiro de 2017, o Brasil possuía uma frota de 94.091.786 veículos, dos quais 3.293.883 eram caminhões. Esses valores subiram para, em junho de 2019, 102.666.444 veículos, sendo 3.468.735 caminhões, o que corresponde a um aumento de 9,11% na quantidade de veículos e 5,31% na frota de caminhões.

Segundo Widmer (2002), no Brasil, o transporte de cargas de granel líquido e sólido incentivam a criação de composições de veículos de carga de maior porte objetivando a diluição dos custos de transporte. Isso porque estes produtos possuem um valor por tonelada relativamente baixo e, portanto, os custos de transporte têm importante participação no valor final agregado.

Klamt (2017) destaca que o tráfego de veículos é fator importante na etapa de dimensionamento do pavimento e no seu desempenho, já que as características do tráfego interferem na sua durabilidade e qualidade. Como exemplo, tem-se que o excesso de carga, aliado à deficiência na fiscalização, acelera a deterioração das rodovias.

Para coibir a prática do transporte com excesso de carga, a legislação brasileira por meio do artigo 99 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB) afirma que o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) estabelecerá os limites de peso e dimensões para que os veículos possam transitar nas vias terrestres. Tais limites foram estabelecidos pelas Resoluções 210 e 211 de 2006 do CONTRAN.

A Lei nº 7.408 de 1985, alterada pela Lei 13.103 de 2015, estabelece as tolerâncias sobre os limites de carga, sendo 5% sobre o peso bruto total e 10% sobre o peso bruto por eixo. Assim, a resolução 526 de 2015 do CONTRAN altera o artigo 5º da resolução 258 de 2007, para que ele se adeque as tolerâncias determinadas pela Lei.

2.3 FISCALIZAÇÃO RODOVIÁRIA

Conforme afirmado por Oliveira (2016), em países em desenvolvimento como o Brasil, é comum encontrar veículos tendo eixos com sobrepeso devido ao grande número de caminhoneiros autônomos, que se diferem dos que trabalham para companhias logísticas quanto ao seu perfil comportamental. Para os autônomos, os custos de curto tempo, como combustível e pedágios, são mais significantes que os de longo tempo, como a manutenção do veículo, portanto estas últimas não possuem efeito imediato no salário do motorista, encorajando-o à prática da sobrecarga por parte desses motoristas.

Klamt (2017) concluiu que a presença da fiscalização por pesagem traz benefícios às rodovias, já que a existência de balanças funciona como medida educativa, inibindo o transporte de carga acima da permitida por quem quer que trafegue pela estrada, diminuindo a degradação do pavimento.

Segundo Albano (2006) para se evitar a deterioração prematura dos pavimentos e, portanto, garantir mais desempenho e durabilidade é importante que seja implementado um sistema de fiscalização de cargas eficiente, com o posicionamento de balanças em pontos estratégicos da rede rodoviária.

Réus (2014), em estudo de dois postos de pesagem do estado do Paraná, cujos dados foram coletados em 2009, verificou que grande parte dos excessos de carga ocorreram nos meses em que há escoamento da safra de grãos da região, alertando para a falta de intensificação na fiscalização nesses períodos do ano. Também foi possível notar que 70% dos ônibus no mês de outubro trafegavam com excesso de carga, alertando sobre a importância da fiscalização também deste tipo de veículo.

Por fim, Reis (2017), ao estudar dados de autuações realizados por um posto de pesagem no estado do Rio Grande do Sul na BR 290/RS ao longo do ano de 2016, encontrou que 1,04% dos veículos de carga aferidos estavam sobrecarregados. Com esta porcentagem de veículos com sobrecarga, ele encontrou que a vida útil do pavimento desta rodovia reduziria de 20 para 19,5 anos, resultando em uma redução de 2,50% da sua vida útil inicialmente projetada. Além disso, o autor sugere a utilização de pesagens em movimento para melhor fiscalização, podendo assim, realizar a pesagem de todos os veículos que trafegam pela rodovia, aumentando, portanto, a precisão da estimativa da porcentagem de veículos sobrecarregados.

Conforme a CNT (2017), a fiscalização é necessária em todas as etapas da vida de uma rodovia, iniciando em seu planejamento, se estendendo em sua execução e finalização e indo até a duração de toda a vida operacional desta. Sendo o sobrepeso um dos principais fatores que impactam na durabilidade do pavimento, deve-se prever a existência de um sistema de fiscalização de pesagem de veículos por meio de balanças.

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB), instituído pela Lei nº. 9.503/1997, afirma em seu Artigo 21, Inciso VIII, que é competência específica dos Órgãos Executivos Rodoviários “fiscalizar, autuar, aplicar as penalidades e medidas administrativas cabíveis, relativas a infrações por excesso de peso, dimensões e lotação dos veículos, bem como notificar e arrecadar as multas que aplicar;”. Além disso, a Lei nº. 10.233/2001, que criou o DNIT, atribui, em seu parágrafo terceiro, como responsabilidade da autarquia “exercer, diretamente ou mediante convênio, as competências expressas no art. 21 da Lei no 9.503, de 1997”.

Segundo a CNT (2017), o DNIT, junto do Laboratório de Transportes e Logística (LABTRANS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), desenvolveu um processo de fiscalização por meio de Pesagem em Movimento ou, em inglês, *Weigh in Motion* (WIM). Porém, o denominado Posto Integrado Automatizado de Fiscalização (PIAF), que previa o uso de WIM, com processo de pré-seleção, controle de pista e de fuga do posto, além de local para retenção do veículo e transbordo de carga excedente, e a operação do mesmo sem a presença física de um Agente de Trânsito, não chegou a ser efetivamente implantada por uma série de dificuldades legais e financeiras.

Atualmente, dois dos principais modos pelos quais o DNIT desempenha a responsabilidade de fiscalização de pesos é pelo Edital 094 de 2015, de atuação restrita ao estado do Espírito Santo, e pelo Edital 237 de 2017. Ambos fiscalizam veículos pesados que trafegam por rodovias brasileiras sob jurisdição do DNIT por meio de Unidades Móveis Operacionais (UMO), que possuem um sistema de pesagem com balanças portáteis de pesagem estática e, somente no caso do Edital 237/17, balanças móveis de pesagem dinâmica, além de demais equipamentos e sistemas associados.

Pelo Edital 237 de 2017, estão previstas 61 UMO's, distribuídas em nove lotes e pelos estados do Brasil conforme demonstrado na Tabela 2.8. Além disso, a ação fiscalizadora das UMO's se restringe a uma distância máxima de 50 quilômetros da sua Base Operacional, a fim de maximizar o tempo de operação em detrimento do tempo de deslocamento dela.

Tabela 2.8 - Distribuição das UMO's por lote e por estado brasileiro (DNIT, 2017)

Estados	Lotes	Balança		UMO's Totais
		Dinâmica	Estática	
		Qtde UMO	Qtde UMO	
Goiás			2	
Distrito Federal	1		1	6
Mato Grosso do Sul			3	
Mato Grosso do Sul			3	
Acre	2		2	7
Rondônia			2	
Amazonas		1	1	
Amapá			1	
Roraima	3		1	6
Pará		1	1	
Tocantins		2	1	
Maranhão	4	4	1	8
Bahia			4	
Sergipe	5		1	6
Alagoas			1	
Ceará			2	
Piauí	6	2	1	5
Rio Grande do Norte			2	
Paraíba	7		2	8
Pernambuco		3	1	
Paraná			2	
Rio Grande do Sul	8	2	1	6
Santa Catarina			1	
Minas Gerais			5	
São Paulo			1	
Espírito Santo	9		2	9
Rio de Janeiro			1	
Soma		15	46	61

No Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005) afirma-se que o desempenho funcional do pavimento diz respeito à capacidade deste em desempenhar sua principal função, ou seja, de proporcionar uma superfície com qualidade de rolamento.

Ainda segundo a informação contida no manual, a avaliação funcional de um pavimento pode ser realizada segundo alguns índices que avaliam diversos parâmetros. Um dos principais índices, utilizado frequentemente no Brasil e no mundo, é o Índice de Irregularidade Longitudinal Internacional (IRI). Desta forma, no manual define a

irregularidade como sendo a variação da superfície rodoviária em torno de um plano tido como referência, afetando a qualidade do rolamento e a dinâmica dos veículos e suas cargas sobre a via.

É apresentado também no manual, alguns valores referência do IRI, sendo uma condição ótima do pavimento apresentando IRI de até 2,0 e uma condição limite regular/má possuindo IRI de 3,5 a 4,0.

O IRI também é amplamente utilizado na Indonésia, como mostrado por Rifai (2015) que buscou desenvolver um modelo preditivo do IRI das rodovias de seu país.

Segundo Shahin (1994), o IRI foi desenvolvido pelo experimento internacional de irregularidades do pavimento, em inglês *International Road Roughness Experiment (IRRE)* realizado no Brasil em 1982 com o propósito de se permitir a troca de dados de irregularidade em uma escala padrão.

Sayers (1998) define o IRI como a transformação matemática específica do verdadeiro perfil de um pavimento, além disso, segundo ele, o IRI de diversas rodovias, até mesmo de diferentes países, podem ser diretamente comparados. Ele também afirma que o IRI é um indicador geral da condição do pavimento, já que indica a rugosidade que impacta os veículos e é muito apropriado para quando se quer mensurar a imperfeição relacionada ao custo operacional dos veículos, qualidade do percurso, dinâmica do carregamento e condições gerais da superfície.

Shahin (1994) informa que o IRI é obtido a partir de equipamentos instalados em veículos ou reboques. Ele simula um sistema de um quarto de carro ou em inglês um *Quarter-Car System (QCS)* andando a uma velocidade constante de 80 km/h e assim, ele é obtido como o movimento cumulativo da suspensão do QCS dividido pela distância percorrida.

Na Figura 2.6 é mostrado a escala do IRI relacionada a vários tipos de pavimentos. Nela é possível notar que um IRI com valor igual a 2,5 já pode indicar a existência de um pavimento antigo, enquanto IRI igual a 4 já caracteriza pavimentos danificados.

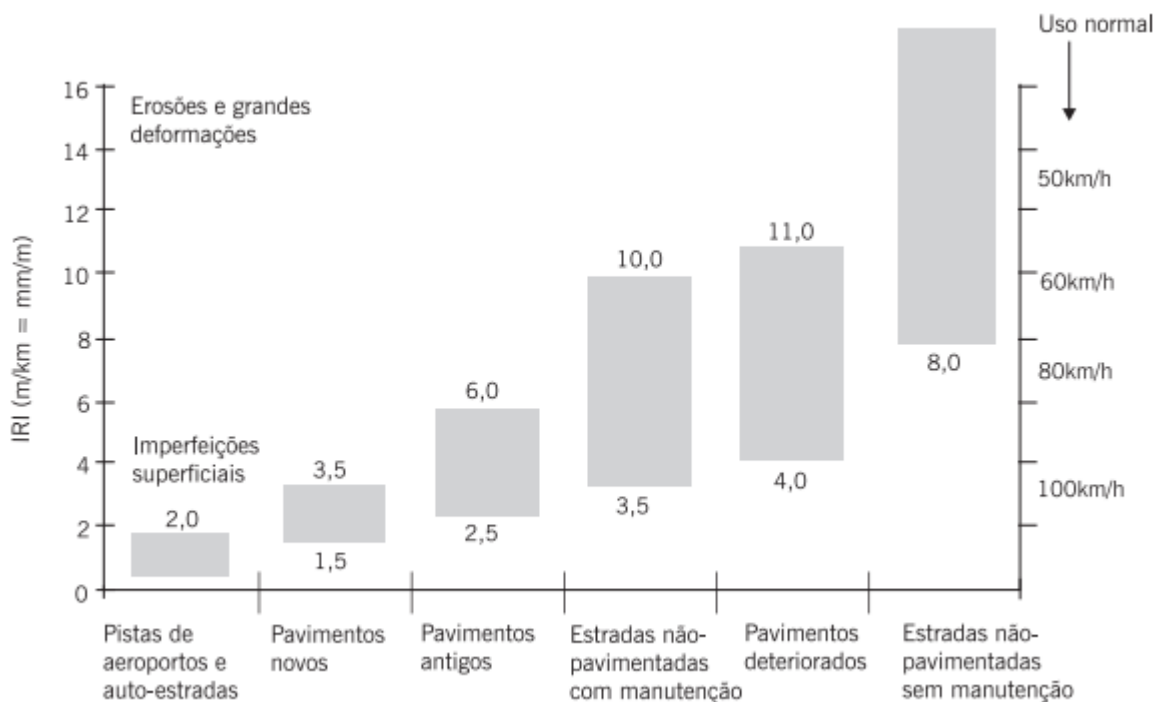


Figura 2.6 - Escala do IRI (modificado - Sayers, 1998)

O DNIT mantém programas de acompanhamento de avaliação e manutenção da qualidade do pavimento de rodovias sob sua jurisdição. É o caso do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) que compreende, segundo o Relatório do DNIT (2013), o planejamento, a programação dos investimentos, o projeto, as obras de manutenção e a avaliação periódica dos pavimentos. O Relatório traz que SGP tem por objetivo a alimentação e atualização de um banco de dados que permite definir as prioridades e soluções para a restauração e manutenção da malha rodoviária, para isso, é feito um levantamento com dados de tráfego, estrutura, deflexão, irregularidade e defeitos do pavimento, incluindo a obtenção do IRI. Neste relatório, esclarece-se que a condição da superfície pavimentada das rodovias pode ser classificada em Boa, quando o IRI está entre 0,00 e 3,00, Regular, com IRI de 3,00 a 4,50 e Ruim, se o IRI for maior que 4,50.

Conforme afirmado por Bernucci et al. (2008), o IRI pode ser encontrado a partir de medidas topográficas ou por meio de equipamentos que medem o perfil longitudinal de maneira direta, com ou sem contato, ou de maneira indireta, com equipamento do tipo “resposta” do qual obtém-se o somatório de desvios sofridos por um eixo de veículo em relação à suspensão. Segundo a autora os equipamentos do tipo resposta levam essa denominação porque são capazes de medir melhor o efeito da irregularidade nos veículos do

que a irregularidade em si. No Relatório do DNIT (2013) a respeito do Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) informa-se que para o levantamento do IRI utiliza-se um perfilômetro composto com sensores a laser, ou seja, trata-se de uma aferição direta.

Segundo o Manual de Conservação Rodoviária do DNIT (2005), o Contrato de Restauração e Manutenção (CREMA) é responsável por todas as atividades, em nível de gerenciamento, envolvendo a manutenção rodoviária, aportando tanto a conservação quanto a restauração da rodovia. As contratadas do CREMA assumem a responsabilidade direta e única, por 5 anos, do projeto, de executar suas obras e pelos serviços de conservação, bem como por suas respectivas qualidades. Buscando manter, portanto, níveis homogêneos de qualidade da malha, verificados por meio de indicadores de desempenho. Além disso, as atividades desenvolvidas pela contratada envolvem 4 grupos, serviços de Recuperação Inicial, que buscam assegurar a segurança operacional e a integridade funcional, de Restauração, que inclui restauração e sinalização da pista, bem como restauração do acostamento e drenagem do pavimento, de Manutenção Rotineira, e de Melhoramentos, abrangendo melhoramento operacional e de segurança, assim como intervenções de recuperação ambiental.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta para obtenção e análise dos dados neste trabalho foi dividida em 4 etapas. Na primeira, etapa desenvolveu-se a coleta de dados necessários para o desenvolvimento das análises. Na segunda etapa, caracterizou-se o cenário a ser estudado, selecionando-se os pontos de interesse para a análise. Já na terceira etapa, houve o tratamento dos dados obtidos na primeira etapa e correspondentes ao cenário adotado na segunda etapa. Por fim, na quarta etapa avaliou-se os resultados obtidos a partir das análises desenvolvidas e redigiu-se as considerações finais, seguidas das sugestões para continuidade do estudo do tema abordado neste trabalho. Esta estrutura é apresentada no fluxograma da Figura 3.1, e é mais bem explicada nos tópicos seguintes deste capítulo.

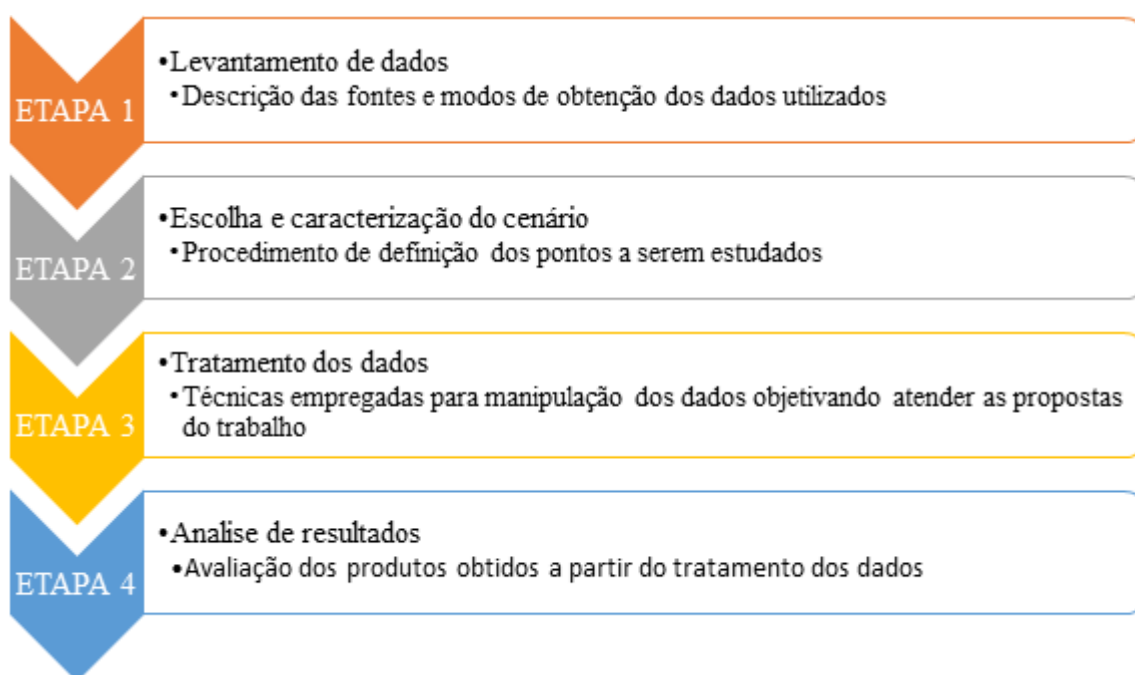


Figura 3.1 - Fluxograma do método proposto

3.1 ETAPA 1 (LEVANTAMENTO DE DADOS)

Nesta primeira etapa do trabalho levantaram-se dados suficientes para subsidiar as análises desejadas, permitindo alcançar os objetivos propostos. Faz-se importante ressaltar neste tópico que todo e qualquer dado utilizado neste trabalho teve a segurança de extração e transferência segura, a fim de garantir a compatibilidade e fidedignidade dos dados utilizados com os contidos na fonte. Além disso, todas as informações cedidas para realização deste estudo possuem caráter exclusivamente acadêmico e de uso restrito para as análises nele contidas, não sendo, portanto, permitido ao autor qualquer repasse de dados sem prévia autorização de seus respectivos detentores legais.

Os primeiros materiais buscados foram os registros de infrações por excesso de carga cometidas nas rodovias federais brasileiras sob jurisdição do DNIT. Para isso, solicitou-se formalmente por meio de carta redigida pelo autor deste trabalho, os dados referentes aos Editais 094/2015 e 237/2017 junto à Coordenação Geral de Operações Rodoviárias (CGPERT) do DNIT. Nesta base, extraída de sistema interno utilizado pelo DNIT para armazenamento, é possível, dentre outras informações, obter individualmente cada infração cometida por veículo de carga com sua respectiva localização e data de autuação. Porém, não foi disponibilizada a informação do valor da carga bruta ou da carga por eixo transportada por estes veículos infratores.

Após tratamentos na base de dados obtida e consequente extração das informações pretendidas, foram propostos estudos adicionais que demandaram outros dados pertencentes ao DNIT. Estes também foram requisitados por meio de solicitação formal realizada por carta escrita enviada à CGPERT. Com resposta positiva, dentro dos termos já descritos, teve-se acesso aos dados do Programa Nacional de Controle de Velocidades (PNCV), extraídos do sistema de controle interno da citada coordenação. Nesta nova base, foi possível identificar todos os equipamentos eletrônicos de controle de velocidades operados por contratadas do DNIT no período de agosto de 2018 a janeiro de 2019. Em complemento, havia para cada equipamento e por dia e horário, o registro de todos os veículos, classificados entre “motos”, “carros e veículos pequenos”, “caminhões leves ou ônibus” e “caminhões pesados”, com suas respectivas velocidades.

Para realizar o estudo da evolução da qualidade da superfície de rolamento das rodovias estudadas, fez-se necessário a solicitação formal, de forma escrita, dos dados referentes ao Sistema de Gerenciamento de Pavimentos (SGP) junto à Coordenação de

Planejamento (COPLAN) do DNIT. Após consulta ao sistema que hospeda a base de dados recolhidos por cada levantamento contratado, constatou-se a existência de apenas quatro anos com dados nas rodovias de interesse (2013, 2014, 2017 e 2018), nesta base encontram-se diversas informações, dentre elas a de interesse para este estudo, ou seja, os valores do Índice de Irregularidade Longitudinal Internacional (IRI) levantados a cada 100 metros.

Os últimos dados também utilizados neste trabalho, foram obtidos dos Relatórios Gerenciais da Confederação Nacional do Transporte (CNT), também chamado de Pesquisa CNT de Rodovias. Foram escolhidos os relatórios referentes aos anos de 2013 a 2019, de onde obteve-se informações da qualidade geral do pavimento rodoviário das rodovias já selecionadas, a fim de comparar tais informações com as obtidas do tratamento da base oriunda do SGP. Importa informar ainda que estes relatórios foram encontrados no site da CNT e baixados da internet utilizando a opção de mais alta qualidade disponível.

3.2 ETAPA 2 (ESCOLHA E CARACTERIZAÇÃO DO CENÁRIO)

O estado do Espírito Santo, segundo o relatório da CNT (2018), possui 78 municípios, totalizando uma área de 46.086,9 km², uma população de 3.972.388 pessoas, o que corresponde a uma densidade demográfica de 76,25 habitantes por km², além disso o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,777. A produção agrícola representa 3,76% da produção econômica do estado, enquanto a indústria participa com 31,6% e os 65,18% restantes são classificados como serviços.

O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), apresentou em seu levantamento de dezembro de 2018, que o estado do Espírito Santo possuía uma frota de 1.936.862 veículos, dos quais 91.471 são caminhões, o que corresponde a um total de 4,7%.

Dos 3.936 quilômetros pavimentados existentes no estado, 1.002 são federais e 2.934 estaduais, conforme a CNT (2018). A Figura 3.2 apresenta o mapa rodoviário do estado do Espírito Santo segundo o Departamento de Edificações e de Rodovias do Espírito Santo (DER-ES).

O porto de Vitória é um dos principais portos do Brasil, sendo assim, segundo o Plano Mestre do Porto de Vitória (2015), em 2013, este porto foi responsável por movimentar 5.546.161 toneladas de carga, dos quais 1.737.866 toneladas correspondiam a granéis sólidos, 746.087 a granéis líquidos e 3.815.185 a cargas gerais. Nesta última classificação, de maior importância no total, destaca-se a movimentação de contêineres (67,7% das cargas gerais) e de blocos de granito, considerada a quarta carga mais movimentada no porto no ano de 2013, como pode ser observado na Tabela 3.1 que apresenta as cargas mais movimentadas no Porto de Vitória no ano de 2013.

Tabela 3.1 - Movimentação de mercadorias no Porto de Vitória em 2013 (modificado - Plano Mestre do Porto de Vitória, 2015)

Carga	Quantidade (t)	Participação	Participação acumulada
Contêineres	2.339.525	43,1%	43,1%
Fertilizantes	647.196	11,9%	55,0%
Combustíveis	568.780	10,5%	65,4%
Granito	423.534	7,8%	73,2%
Malte	261.573	4,8%	78,0%
Concentrado de cobre	228.756	4,2%	82,2%
Automóveis e peças	181.207	3,3%	85,6%
Trigo	173.342	3,2%	88,8%
Soda Cáustica	140.484	2,6%	91,4%
Carvão e Coque	137.686	2,5%	93,9%
Outras	331.870	6,1%	100%
Total	5.433.948		

Conforme destacado por Pereira et al (2019), o estado do Espírito Santo é o maior estado produtor de Rochas Ornamentais (Granito e Mármore) do Brasil, tornando o Porto de Vitória o segundo maior movimentador de blocos de rochas em dezembro de 2018. A Tabela 3.2 apresenta os dados de produção de rochas ornamentais no estado comparado ao total produzido no Brasil e a Tabela 3.3 mostra as quantidades desse produto exportadas por alguns portos brasileiros.

Tabela 3.2 - Quantidade de rochas ornamentais exportadas pelo Brasil e pelo ES nos anos de 2017 e 2018 (modificado - Sindirochas, 2018)

Exportação em peso (toneladas)	2017		2018	
	Brasil	ES	Brasil	ES
Blocos de mármore e similares	17.170	12.528	30.282	20.339
Blocos de granitos e similares	1.029.420	660.396	1.035.794	678.296

Exportação em peso (toneladas)	2017		2018	
	Brasil	ES	Brasil	ES
Chapas e outras peças de mármore e similares	54.431	53.386	46.801	45.656
Chapas e outras peças de granito e similares	1.130.163	1.068.983	954.883	905.180
Outras rochas (ardósia e similares)	127.664	257	128.223	340
Total	2.358.848	1.795.550	2.195.983	1.649.811

Tabela 3.3 - Massa de rochas ornamentais exportadas por portos brasileiros em dezembro de 2018 (modificado - Sindirochas, 2018)

Porto	Kg
Porto de Santos	96.791.942
Porto de Vitória	78.963.676
Porto do Rio de Janeiro	14.075.087
Alf - Fortaleza	1.964.247
Porto de Itaguaí	2.741.003
Irf - Porto de Suape	2.367.534
Alf - Salvador	2.401.047
Itajai	231.465
Porto de Paranaguá	262.861

Existe, portanto, a necessidade do transporte desta e de outras cargas até o porto de Vitória. Dessa forma, tanto Pereira et al (2019), no caso de rochas ornamentais, quanto o Plano Mestre do Porto de Vitória (2015), apontam as rodovias BR 262 e BR 259, como as principais de acesso ao porto. Ambas essas rodovias estão em destaque na Figura 3.3, onde a BR 259 está destacada pela cor laranja e a BR 262 pela cor azul.



Figura 3.3 - Rodovias BR 262 e BR 259 (modificado - DER-ES, 2016)

As rodovias BR 262 e BR 259 são importantes rodovias pavimentadas no estado do Espírito Santo. A primeira é uma rodovia que se inicia em Vitória (ES), possui 2.383,1 quilômetros e interliga os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul. A segunda, inicia-se em João Neiva (ES), com extensão de 698,7 quilômetros, interligando os estados do Espírito Santo e Minas Gerais.

Acrescenta-se a isso, que conforme análise do mapa rodoviário do estado do Espírito Santo, não existem outras rodovias capazes de transportar tamanha quantidade de carga, inviabilizando rotas de fuga de fiscalização.

3.3 ETAPA 3 (TRATAMENTO DOS DADOS)

A partir dos dados obtidos conforme descrito na Etapa 1, faz-se necessário realizar alguns tratamentos e operações para o desenvolvimento análises e obtenção de resultados. Inicialmente, portanto, buscou-se identificar, a partir da base de dados de registros nacionais de infrações por excesso de cargas, os estados e suas rodovias com quantidade suficiente e satisfatória de dados para estudos, tanto em volume absoluto de infrações quanto em histórico mais prolongado de dados.

Em sequência, tendo já filtrado o estado, as rodovias e os quilômetros rodoviários de interesse, localizou-se na base de dados do PNCV os equipamentos controladores eletrônicos de velocidades mais próximos destes pontos. Com os dados de contagem e classificação veicular desses equipamentos, separou-se os volumes totais e de cada classe veicular nos sentidos crescentes e decrescentes da via e em seguida tornou-se possível fazer o levantamento da quantidade média de caminhões próximo aos pontos selecionados para estudo em cada uma das rodovias. Além disso, também se buscou nessa base os dados de contagem e classificação dos exatos dias em que existiram registros de infrações por sobrepeso.

Por fim, a partir da base de dados do SGP, procurou-se evidenciar a evolução do desempenho do pavimento rodoviário das rodovias selecionadas, para isso, destacou-se da base os dados referentes ao IRI de cada rodovia e agrupou-se estes dados a cada quilômetro, já que o levantamento realizado pelo DNIT corresponde à obtenção deste índice a cada 100 metros rodoviários. Apesar de tornar a quantificação dos defeitos do pavimento muito rica e detalhada, apresenta-se inviável seu estudo pela vasta quantidade de valores, portanto, realizou-se o agrupamento destes dados por quilômetro rodoviário, procedendo para isso o cálculo da média dos IRIs de cada quilômetro. Por fim, agrupou-se em uma única tabela os valores do IRI por quilômetro e por ano de levantamento, aplicando nela uma escala de coloração para melhor análise e compreensão dela.

3.4 ETAPA 4 (ANÁLISE DE RESULTADOS)

A partir da identificação das rodovias com maior série histórica de infrações por excessos de carga, calculou-se a média de registros por mês, bem como seu desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) dos dados de cada rodovia. Em seguida, encontrou-se os pontos (quilômetros rodoviários) com maior quantidade de infrações, para que se pudesse focalizar melhor as análises junto aos dados de contagem e classificação veicular.

Com os dados de contagem e classificação veicular advindos da base de dados tratada do PNCV, encontrou-se a média, o desvio padrão (DP) e o coeficiente de variação (CV) para cada rodovia. Em seguida, com os dados correspondentes às classes que envolvem veículos de carga agrupados, e tendo identificado os dias em que existiram infrações por excesso de

carga, encontrou-se a correlação entre a quantidade de caminhões infratores e o quantitativo total de veículos de carga, por dia, representando esta relação por meio de gráfico.

Por último, tendo tratado a base de dados do SGP, encontrou-se um IRI médio para cada rodovia por ano, realizando para isso a média ponderada entre os IRIs quilométricos. Montou-se também um histórico da classificação do pavimento rodoviário dessas rodovias baseado nos relatórios gerenciais anuais da CNT, com a finalidade de se comparar com a classificação geral obtido pelo IRI médio.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

4.1 ESCOLHA DAS RODOVIAS DE ESTUDO

Possuindo os dados de infração por excesso de carga registrados nas rodovias federais sob jurisdição do DNIT durante o período de janeiro de 2017 a agosto de 2019, montou-se a Tabela 4.1. Nela separou-se as infrações por Unidade da Federação (UF) do Brasil, a fim de se ter uma ideia da distribuição dessas atuações pelo País.

Ao analisar a Tabela 4.1, observou-se que o estado do Espírito Santo possui um número de registro de infrações, no período analisado, muito superior aos outros estados. Constatação justificada pela explicação dada na Revisão Bibliográfica deste trabalho, na qual é dito que a fiscalização de sobrecargas, por parte do DNIT, é feita no estado do Espírito Santo desde o Edital 094 de 2015, enquanto que os outros estados apenas foram contemplados pelo Edital 237 de 2017, que ainda está em implantação e não se encontra, até o presente momento, com todas suas UMO's em operação.

Tabela 4.1 - Quantidade de registros de infrações por UF

UF	Registros	UF	Registros
ES	8.782	AM	274
MS	548	RN	853
MT	1.462	RJ	458
MG	3.480	AC	435
GO	1.620	RO	1.793
BA	2.091	AP	241
DF	469	PI	874
PB	194	CE	402
RS	785	SP	27
SC	1.338	MA	418
PR	1.771	TO	112

Optou-se, portanto, pelo estudo mais específico das rodovias do estado do Espírito Santo, já que estas possuem uma gama maior de dados e por um período mais extenso de tempo.

Analisou-se então em que rodovias foram feitas estas autuações e encontrou-se que todas elas foram realizadas em apenas três rodovias federais. A Tabela 4.2 apresenta a quantidade de registros feitos em cada uma das três estradas identificadas.

Com os dados da Tabela 4.2, nota-se que a BR 262 e a BR 259 são as com maior número de registros, sendo a BR 101, portanto, retirada da análise pela baixa quantidade de registros realizados nela. Desta forma foram selecionadas as BR 262 e BR 259 para serem submetidas aos estudos propostos no presente trabalho.

Tabela 4.2 - Número de infrações por rodovia

BR	Registros
BR 262	3.999
BR 259	4.740
BR 101	43

4.2 QUANTIFICAÇÃO DAS INFRAÇÕES NAS RODOVIAS SELECIONADAS

A partir da escolha das BR 262 e BR 259 para o estudo, houve o interesse de saber como as infrações foram registradas ao longo de suas extensões, gerando assim a Tabela 4.3, na qual é possível observar a quantidade de registros de desrespeito à legislação por quilômetro rodoviário. Também se construiu os gráficos contidos nas Figuras 4.1 e 4.2 em que se separou por quilometro e por ano as quantidades de registros de infrações nas rodovias BR 262 e BR 259 respectivamente.

Destaca-se que a BR 262 possui 196,5 quilômetros no estado do Espírito Santo e a BR 259 tem 110,0 quilômetros neste estado. Portanto, provavelmente alguns registros feitos em pontos como quilômetro 375 da BR 262 ou quilômetro 346 da BR 259 apresentados na Tabela 4.3, foram registrados de forma incorreta, podendo ser explicados por um possível erro na colocação da vírgula.

Além disso, ao analisar a Tabela 4.3 e as Figuras 4.1 e 4.2, percebe-se que os quilômetros 0,4; 4 e 63 da BR 259 e o quilômetro 37,5 da BR 262 concentram a maior quantidade de infrações registradas, sendo a identificação destes pontos importante para análises futuras neste estudo. Para tanto, destaca-se que o elevado número de registros do quilômetro 375 da BR 262, indicado na Tabela 4.3, provavelmente faz parte do quantitativo

do quilômetro 37,5 com um possível erro de posicionamento do separador decimal, porém, como não se pode afirmar isso, estes dados não serão levados em consideração nas análises posteriores.

Tabela 4.3 - Registros por BR e quilômetro

BR 262		BR 259	
Quilômetro	Registros	Quilômetro	Registros
37,5	2.432	0,4	2.083
375	523	63	1.285
103,5	193	4	1.086
47	161	79	202
97	147	36	13
160	93	1,5	13
165	86	33	11
162	64	54	11
104	52	323	10
15	42	32,3	9
1035	34	15	5
15,9	31	51	4
59	21	99,5	2
90,3	14	346	2
94	12	154	2
563	9	1,9	1
Outros	85	32,5	1

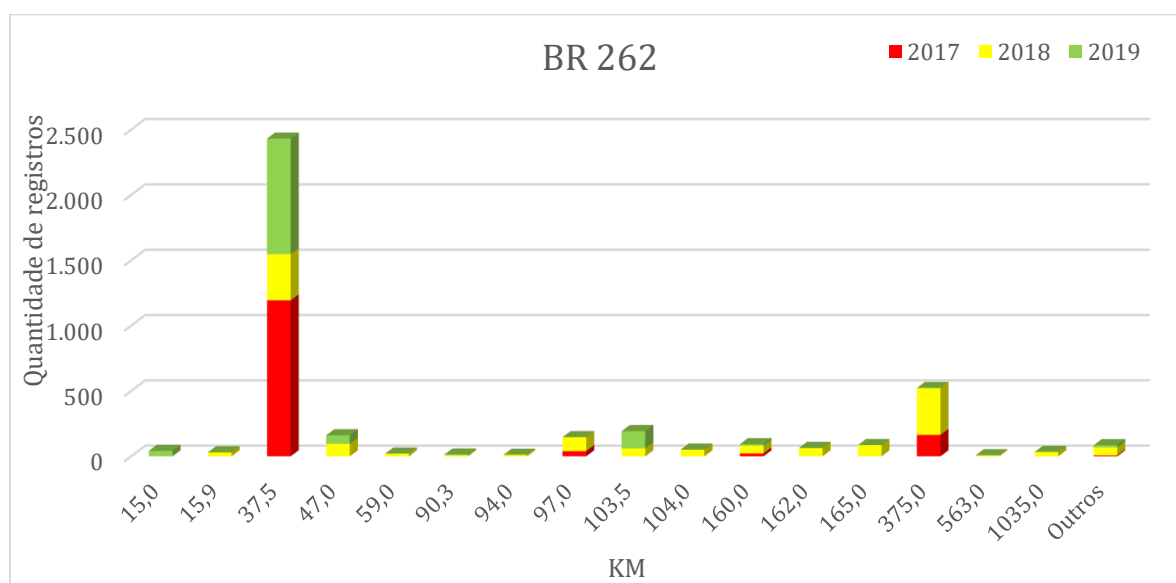


Figura 4.1 - Registros de infrações da BR 262 por quilômetro ao longo de 2017, 2018 e 2019

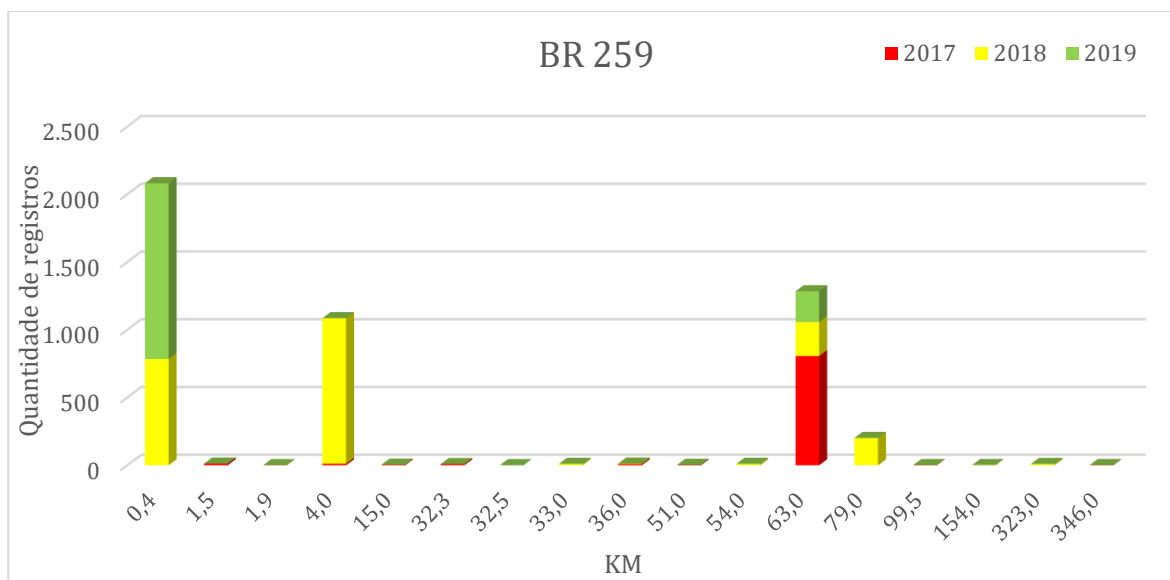


Figura 4.2 - Registros de infrações da BR 259 por quilômetro ao longo de 2017, 2018 e 2019

Após essa análise, julgou-se importante também conhecer como essas infrações foram cometidas em cada BR durante os anos de 2017 a 2019, construindo as Tabelas 4.4 e 4.5, em que se separou os registros de ambas as rodovias por ano e mês.

A partir dos dados presentes nas Tabelas 4.4 e 4.5, concluiu-se que a BR 262 possui uma média de 133 registros por mês enquanto na BR 259 essa média é igual 159,5. Embora a média da segunda BR seja superior à da primeira, ela também possui um Coeficiente de Variação (Desvio Padrão / Média) maior, indicando que a BR 262 possui uma maior regularidade no número de registros por mês ao longo desses 3 anos.

Tabela 4.4 – Infrações cometidas na BR 262 ao longo do tempo

BR 262			
Mês/Ano	2017	2018	2019
Jan	143	66	190
Fev	99	72	158
Mar	182	74	136
Abr	75	57	100
Mai	120	112	204
Jun	153	139	142
Jul	107	187	143
Ago	118	189	84
Set	43	139	
Out	156	98	
Nov	81	130	
Dez	151	151	

Tabela 4.5 - Infrações cometidas na BR 259 ao longo do tempo

BR 259			
Mês/Ano	2017	2018	2019
Jan	35	164	167
Fev	6	82	354
Mar	1	161	232
Abr	36	238	237
Mai	59	151	162
Jun	56	313	112
Jul	34	224	167
Ago	98	264	95
Set	35	361	
Out	117	170	
Nov	158	197	
Dez	229	25	

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS RODOVIAS SELECIONADAS

As rodovias BR 262 e BR 259 estiveram incluídas no Programa Nacional de Controle de Velocidade (PNCV) do DNIT e contaram com a fiscalização de velocidades por meio de equipamentos eletrônicos de 2011 ao início de 2019. Ao todo, no estado do Espírito Santo, foram instalados 58 equipamentos na BR 262 e 21 na BR 259. Atualmente, nenhum equipamento sobre responsabilidade do DNIT encontra-se em funcionamento neste estado, estando os novos pontos de fiscalização, por meio de equipamentos eletrônicos de controle de velocidade, em fase de estudo e de instalação.

Tendo como base os dados da Tabela 4.3 e a observação dos pontos com maior quantidade de registros de infrações, procurou-se encontrar os equipamentos eletrônicos de controle de velocidade mais próximos desses pontos a fim de, tendo seus dados de contagem e classificação veicular, caracterizar o tráfego desses pontos de maior incidência de violações. Tais equipamentos são apresentados na Tabela 4.6, acompanhados de seus quilômetros de localização e faixas, as quais controla.

Na Tabela 4.6, na coluna “Faixas”, cada código do tipo L-L-N indica na primeira letra o tipo de via fiscalizada, em todos os casos do tipo principal (P), a segunda o sentido da faixa fiscalizada, podendo ser crescente (C) ou decrescente (D), e o algarismo numérico no final aponta o número da faixa fiscalizada.

Tabela 4.6 - Equipamentos eletrônicos selecionados

BR 262			BR 259		
Equipamento	KM	Faixas	Equipamento	KM	Faixas
ESR00369040	33,95	P-C-1, P-C-2, P-D-1	ESR00424010	6,97	P-C-1, P-D-1
ESR00369050	39,65	P-C-1, P-D-1, P-D-2	ESR00081010	12,00	P-C-1
ESB00169010	40,25	P-C-1, P-C-2	ESR00081020	12,00	P-D-1
ESB00169020	40,47	P-D-1, P-D-2	ESR00424050	61,96	P-C-1, P-D-1
			ESB00079010	62,99	P-C-1
			ESB00079020	62,99	P-D-1

Os volumes e a classificação veicular por equipamento estão dispostos na Tabela 4.7, onde juntou-se os equipamentos ESB00169010 e ESB00169020, ESR00081010 e ESR00081020, e ESB00079010 e ESB00079020, por estarem muito próximos, sendo seus sentidos fiscalizados (crescente ou decrescente) complementares. É importante ressaltar que os dados utilizados na construção da Tabela 4.7 são referentes ao período de agosto de 2018 a janeiro de 2019.

Percebe-se na Tabela 4.7 que a quantidade de veículos pesados é inferior à de veículos leves em todos os casos. Além disso, os equipamentos da BR 262 apresentam entre si, nas classes que compreendem caminhões, um Coeficiente de Variação (CV) superior ao dos da BR 259, demonstrando uma maior variação no número de caminhões ao longo da rodovia, que poderia ser explicado pela maior distância entre os equipamentos instalados na BR 262.

Tabela 4.7 - Volume e classificação veicular por equipamento

Equipamento	Volume Total		Carros e Veículos Pequenos		Motos		Caminhões Leves e Ônibus		Caminhões Pesados e Especiais		
	Sentido	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
BR 262	ESR00369040	586.223	767.446	30.704	63.500	537.804	661.091	11.466	24.051	6.249	18.804
	ESR00369050	809.840	780.384	84.566	82.166	642.162	631.100	40.427	34.476	42.685	32.642
	ESB00169010/ ESB00169020	759.070	593.223	100.502	101.811	549.747	402.664	39.887	41.584	68.934	47.164
	Média2	759.070	767.446	84.566	82.166	549.747	631.100	39.887	34.476	42.685	32.642
	DP2	95.718	85.343	29.864	15.642	46.635	115.406	13.527	7.200	25.703	11.579
	CV2	0,13	0,11	0,35	0,19	0,08	0,18	0,34	0,21	0,60	0,35
BR 259	ESR00424010	527.888	496.769	61.285	55.161	369.675	362.929	42.269	35.202	54.659	43.477
	ESR00081010/ ESR00081020	451.077	423.121	67.283	61.707	305.238	286.055	32.321	30.069	46.235	45.290
	ESR00424050	729.648	772.080	63.110	69.086	601.041	640.646	37.126	38.621	28.371	23.727
	ESB00079010/ ESB00079020	419.734	414.979	102.031	128.540	266.830	228.952	24.471	26.421	26.402	31.066
	Média1	489.483	459.945	65.197	65.397	337.457	324.492	34.724	32.636	37.303	37.272

Equipamento	Volume Total		Carros e Veículos Pequenos		Motos		Caminhões Leves e Ônibus		Caminhões Pesados e Especiais	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
DP1	120.658	145.187	16.657	29.237	129.646	158.010	6.553	4.680	11.929	8.904
CV1	0,25	0,32	0,26	0,45	0,38	0,49	0,19	0,14	0,32	0,24

Separando apenas a contagem de veículos pesados, montou-se a Tabela 4.8, na qual, além dos volumes de caminhões por equipamento(s) e sentido da(s) faixa(s), consta também as porcentagens desses valores em relação ao total e as médias por rodovia.

Na Tabela 4.8 é possível notar que a porcentagem de caminhões em relação ao total de veículos na BR 259 é levemente superior à porcentagem na BR 262, levando a crer que a deterioração do pavimento deveria ser próxima, já que, em teoria, o número de eixos padrões (N) a passar nelas é semelhante. Considerando-se, para esta análise, que as classes dos veículos de carga são as mesmas, já que não se pode, pela imprecisão na classificação veicular realizada pelos equipamentos de controle eletrônico de velocidades, conhecer o número e distribuição dos eixos destes automóveis.

Tabela 4.8 - Porcentagem de caminhões por BR

	Equipamento	Caminhões			
	Sentido	C	D	C (%)	D (%)
BR 262	ESR00369040	17.715	42.855	1,51	2,79
	ESR00369050	83.112	67.118	5,13	4,30
	ESB00169010/ESB00169020	108.821	88.748	7,17	7,48
	Média	83.112	67.118	5,13	4,30
BR 259	ESR00424010	96.928	78.679	9,18	7,92
	ESR00081010/ESR00081020	78.556	75.359	8,71	8,91
	ESR00424050	65.497	62.348	4,49	4,04
	ESB00079010/ESB00079020	50.873	57.487	6,06	6,93
	Média	72.027	68.854	7,38	7,42

A fim de encontrar a relação entre a quantidade de infrações e o quantitativo total de caminhões nas rodovias, buscou-se os dados de contagem do equipamento mais próximo do ponto de maior número de registros de violação da lei, nos mesmos dias das infrações. Conforme explica-se a seguir:

Para a rodovia BR 262, identificou-se anteriormente o KM 37,5 como o ponto com maior número registros de sobrecarga, portanto buscou-se os dados de contagem e classificação do equipamento de controle de velocidade mais próximo desse ponto, ou seja,

o equipamento ESR00369050. A partir disso, identificou-se o quantitativo de caminhões nas datas em que houve fiscalização nesse quilômetro da rodovia, e comparou-se dia por dia, em um total de 66 dias, a quantidade de infrações com o número de caminhões e por fim fez-se uma média dessa porcentagem, encontrando o valor de 0,76% dos caminhões como infratores.

O mesmo foi feito para a rodovia BR 259, porém, nessa rodovia optou-se por usar os dados de infrações dos KM 0,4 e 4, já que o primeiro equipamento de controle de velocidade é o ERS00424010 que está localizado no KM 6,97. Neste caso, foram comparados dados de 98 dias e a porcentagem de caminhões infratores foi igual a 0,72%.

Portanto, conclui-se que a porcentagem de caminhões com excesso de carga em ambas as rodovias é muito próxima. Além disso, observa-se que ambas as rodovias apresentam porcentagens de veículos sobrecarregados inferiores aos encontrados por Reis (2017) em seu estudo na BR 290/RS. Porém ressalta-se que o período analisado neste trabalho é inferior ao do autor citado, e os dados aqui estudados sofrem do mesmo risco, apresentado por ele, de não serem representativos, pois também são fruto de uma amostra dos veículos de carga que trafegaram pelas BR 262 e BR 259.

A variação dessa porcentagem ao longo do tempo pode ser observada nos gráficos das Figuras 4.3 e 4.4. Nela observa-se um pico na porcentagem de caminhões infratores no início do mês de setembro em ambas as rodovias, infelizmente não se dispõe de dados desse mesmo período em outros anos para identificar se este acontecimento foi ocasional ou se repete de forma cíclica.

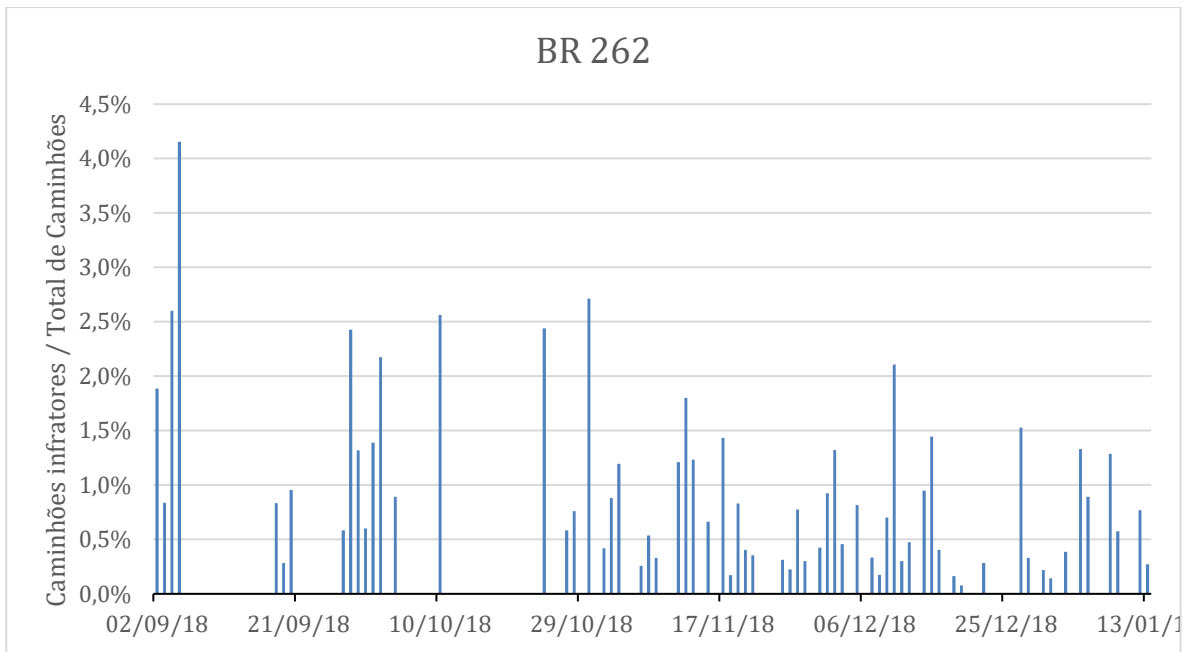


Figura 4.3 - Porcentagem de caminhões com excesso de carga na BR 262

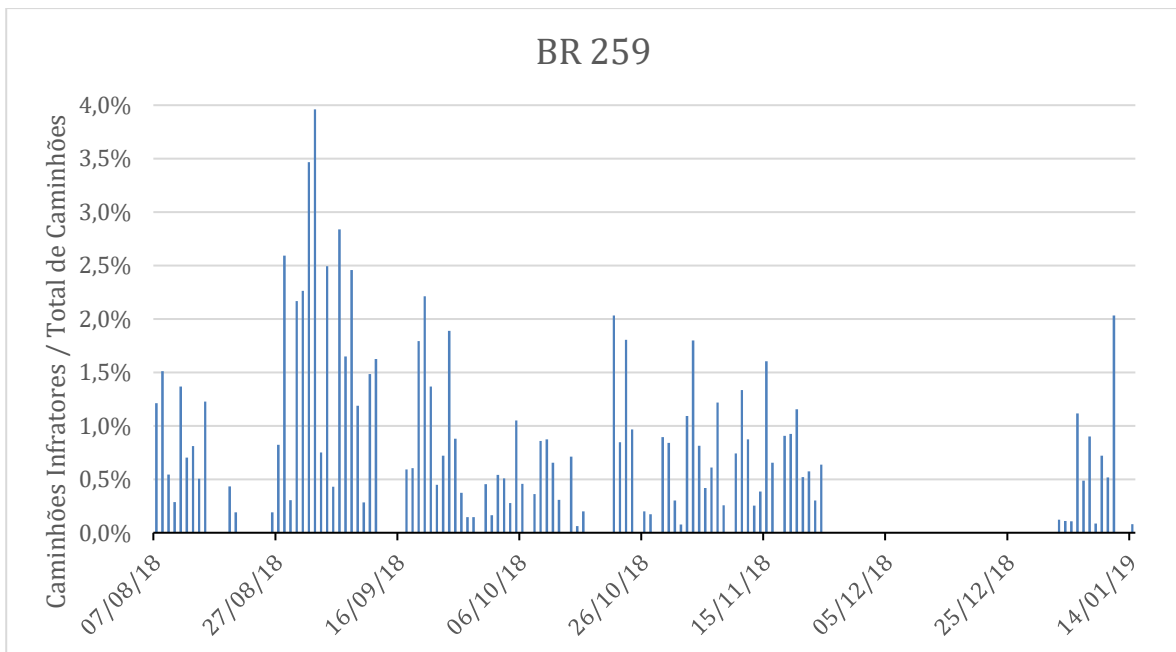


Figura 4.4 - Porcentagem de caminhões com excesso de carga na BR 259

4.4 ANÁLISE DO DESEMPENHO DO PAVIMENTO

A partir de dados do SGP do DNIT, foi possível observar e analisar a evolução do estado de conservação da superfície de pavimento das duas rodovias selecionadas. Estes

dados compreendem os anos de 2013, 2014, 2017 e 2018, sendo a falta de dados nos anos de 2015 e 2016 justificados pela falta de contrato para coleta dessas informações.

Ao considerar que o levantamento do IRI, por parte do SGP, é feito de forma contínua, porém segmentado a cada 100 metros, optou-se por juntar essa informação em intervalos maiores, de um quilômetro, a fim de facilitar sua análise, visto que na BR 259 há informação de 107 quilômetros e na BR 262 de 188 quilômetros. Para obter o IRI de cada quilômetro, fez-se uma média do IRI de cada subintervalo contido no respectivo quilômetro. Assim, foi possível calcular a informação contida na Tabela 4.9. Nela, os valores de IRI iguais a 1 ou a 2, indicam a existência de uma superfície de pavimento em ótimo ou bom estado, respectivamente, e por isso as células com essa informação foram pintadas de verde. Valores de IRI iguais a 3 apontam para uma superfície em estado regular de conservação, sendo assim, indicadas pela cor amarela. Por fim, IRI com valores de 4 e 5 correspondem a estados ruim para 4 e péssimo para 5 e por essa razão apresentam a coloração vermelha.

As Figuras 4.5 e 4.6 apresentam as informações da Tabela 4.9 de forma gráfica, facilitando a análise destes dados. Nessas Figuras observa-se o desempenho do estado de conservação do pavimento rodoviário por quilômetro das BR 262 e BR 259 ao longo dos anos de 2013, 2014, 2017 e 2018.

Por meio da Tabela 4.9 e Figura 4.5, percebe-se que a BR 262 passou por uma grande degradação de seu pavimento ao longo dos anos estudados, possuindo IRI igual ou superior a 4 na maior parte de sua extensão no ano de 2018. Especial destaque se dá para os quilômetros iniciais dessa rodovia que possuem IRI elevado nos quatro anos estudados, sendo importante notar que estes quilômetros não são abrangidos pelos pontos de fiscalização apontados na Tabela 4.3. Além disso, o KM 37,5, mesmo sendo o ponto mais fiscalizado, possui uma alta degradação do ano de 2017 para 2018, sendo este período contemplado dentre os anos de fiscalização dos limites de carga transportados.

A BR 259, diferente da BR 262, apresenta uma maior regularidade na qualidade do pavimento ao longo dos anos, como apresentado na Tabela 4.9 e na Figura 4.6. Com exceção dos quilômetros 1, 49, 83 e 101, todos os outros apresentaram IRI igual ou inferior a 3 durante os quatro anos analisados. Este fato corrobora a escolha do KM 0,4 como ponto de intensa fiscalização como visto na Tabela 4.3.

Tabela 4.9 - Desempenho do estado de conservação do pavimento

BR 262					BR 259									
KM	2013	2014	2017	2018	KM	2013	2014	2017	2018	KM	2013	2014	2017	2018
1	3	4	4	4	107	2	2	2	3	1	3	3	4	4
2	4	4	6	5	108	2	2	3	4	2	2	2	2	2
3	4	3	5	4	109	2	2	3	3	3	2	2	3	3
4	4	3	6	5	110	3	2	3	3	4	2	3	3	3
5	4	3	5	4	111	2	2	3	4	5	2	2	3	3
6	3	3	5	4	112	2	2	3	4	6	2	2	2	2
7	3	3	5	4	113	2	3	3	4	7	2	2	2	3
8	-	-	-	-	114	2	3	2	4	8	2	2	2	2
9	-	-	-	-	115	3	3	2	4	9	2	2	2	2
10	-	-	-	-	116	4	3	3	4	10	1	2	1	2
11	-	-	-	-	117	4	3	3	4	11	2	2	2	2
12	-	-	-	-	118	3	3	3	5	12	2	2	2	2
13	-	-	-	-	119	3	3	3	4	13	2	2	2	2
14	-	-	-	-	120	4	3	4	4	14	2	2	2	2
15	-	-	-	-	121	3	3	4	3	15	2	2	2	3
16	-	-	-	-	122	3	3	3	2	16	2	3	2	3
17	2	3	3	4	123	3	3	2	4	17	2	2	3	3
18	2	3	3	4	124	3	3	2	2	18	2	2	2	3
19	2	3	3	4	125	3	2	2	4	19	2	2	2	2
20	3	3	3	4	126	3	2	2	5	20	2	2	2	2
21	2	3	3	4	127	3	2	3	3	21	2	2	2	3
22	2	2	2	3	128	2	2	3	2	22	2	2	2	2
23	2	3	2	5	129	3	2	3	2	23	2	2	2	2
24	3	3	2	7	130	2	2	3	3	24	2	2	2	2
25	2	3	2	5	131	2	2	3	3	25	2	2	2	3
26	2	3	3	4	132	3	2	3	3	26	2	2	2	2
27	2	3	3	4	133	5	2	3	3	27	2	2	2	2
28	3	4	4	4	134	2	2	3	5	28	3	3	3	3
29	3	3	3	3	135	2	2	3	4	29	2	3	3	3
30	3	3	3	3	136	2	2	3	4	30	2	2	2	2
31	4	3	2	2	137	2	3	3	3	31	2	2	2	2
32	3	3	3	4	138	2	3	2	3	32	2	2	2	2
33	2	3	2	5	139	2	3	2	3	33	2	2	2	2
34	2	3	3	5	140	2	3	2	4	34	3	3	3	3
35	3	2	2	4	141	2	3	2	5	35	2	3	3	3
36	2	2	2	4	142	2	3	2	3	36	2	2	2	2
37	2	2	2	4	143	2	3	2	4	37	2	2	2	2
38	2	3	3	3	144	2	2	2	4	38	2	2	2	2
39	2	3	3	3	145	2	3	2	5	39	2	2	2	2

BR 262					BR 259									
KM	2013	2014	2017	2018	KM	2013	2014	2017	2018	KM	2013	2014	2017	2018
40	3	3	3	3	146	2	3	2	4	40	2	2	2	2
41	4	3	4	3	147	2	2	2	4	41	2	2	2	2
42	3	2	2	3	148	2	3	2	4	42	1	2	2	2
43	3	3	2	4	149	2	3	2	2	43	2	2	2	2
44	3	3	3	3	150	2	2	3	3	44	2	2	3	2
45	3	2	-	2	151	2	3	3	3	45	2	2	3	3
46	2	3	-	3	152	2	2	2	3	46	3	3	3	3
47	2	3	-	3	153	2	3	3	3	47	2	2	2	2
48	2	2	-	4	154	2	3	3	3	48	2	2	2	2
49	3	2	-	4	155	2	2	3	3	49	2	7	3	3
50	3	3	-	4	156	2	2	3	3	50	3	3	3	3
51	3	3	-	3	157	3	2	3	4	51	3	3	3	3
52	3	2	-	3	158	3	4	3	4	52	2	2	2	2
53	3	3	-	3	159	3	4	3	5	53	2	2	2	2
54	3	3	-	7	160	2	4	2	4	54	2	3	2	2
55	3	4	-	6	161	2	3	3	5	55	2	2	2	2
56	3	3	-	3	162	2	2	3	4	56	1	1	1	1
57	4	2	-	4	163	2	2	2	6	57	2	2	2	2
58	4	3	-	4	164	2	3	3	3	58	2	2	2	2
59	3	3	-	4	165	3	3	3	5	59	3	3	3	3
60	2	3	-	3	166	2	4	2	4	60	2	2	2	3
61	2	3	3	3	167	2	3	2	4	61	2	2	2	3
62	2	3	3	4	168	2	3	2	4	62	2	2	2	3
63	2	2	3	3	169	3	3	3	3	63	3	3	2	2
64	2	2	2	2	170	2	3	2	3	64	3	3	3	3
65	2	2	3	4	171	2	2	2	3	65	2	2	2	2
66	2	3	3	6	172	2	2	2	3	66	2	2	2	2
67	2	3	2	4	173	2	2	2	3	67	2	2	2	2
68	2	3	2	3	174	2	2	3	3	68	2	2	2	2
69	2	3	3	4	175	2	2	4	2	69	3	3	3	3
70	2	3	5	5	176	2	2	4	3	70	2	2	2	3
71	3	2	4	4	177	2	2	3	3	71	3	2	2	2
72	2	3	2	3	178	2	3	3	2	72	2	2	2	2
73	2	3	2	3	179	2	2	3	3	73	2	2	2	2
74	3	3	3	4	180	2	2	3	2	74	2	2	2	2
75	2	2	3	2	181	2	2	3	3	75	2	2	2	2
76	2	2	3	3	182	2	2	4	2	76	2	2	2	2
77	2	3	3	4	183	2	2	2	2	77	2	2	2	2
78	2	3	3	4	184	2	2	3	2	78	2	2	2	2
79	2	2	3	3	185	2	2	3	2	79	2	2	2	2
80	2	3	2	3	186	2	2	3	3	80	2	3	2	3
81	2	3	3	3	187	2	2	2	3	81	2	2	2	3
82	2	2	4	3	188	2	3	2	3	82	2	3	3	3

BR 262					BR 259									
KM	2013	2014	2017	2018	KM	2013	2014	2017	2018	KM	2013	2014	2017	2018
83	2	2	3	5	189	2	2	2	3	83	5	5	5	4
84	3	3	4	3	190	2	2	2	3	84	2	2	2	2
85	2	3	4	3	191	2	2	2	3	85	2	2	2	2
86	2	3	3	3	192	2	2	2	3	86	2	2	2	2
87	3	3	2	4	193	2	2	2	3	87	2	2	2	2
88	3	3	3	4	194	2	2	2	3	88	2	2	2	2
89	3	3	2	4	195	2	3	2	3	89	2	2	2	2
90	3	3	3	4	196	3	3	2	6	90	2	3	2	2
91	2	2	2	3						91	2	2	2	2
92	2	3	2	4						92	2	2	2	2
93	2	3	3	3						93	2	2	2	2
94	3	3	2	4						94	1	2	2	2
95	3	3	2	4						95	2	2	2	2
96	3	3	3	4						96	2	2	2	2
97	2	2	2	3						97	2	2	2	2
98	2	2	2	3						98	2	2	2	2
99	2	2	3	3						99	2	2	2	3
100	2	3	3	3						100	2	3	3	3
101	3	3	3	5						101	3	3	3	4
102	2	3	3	4						102	2	2	2	3
103	3	3	3	3						103	2	3	2	2
104	4	4	3	5						104	2	2	2	2
105	2	4	3	5						105	2	2	2	2
106	2	3	3	4						106	-	-	-	3

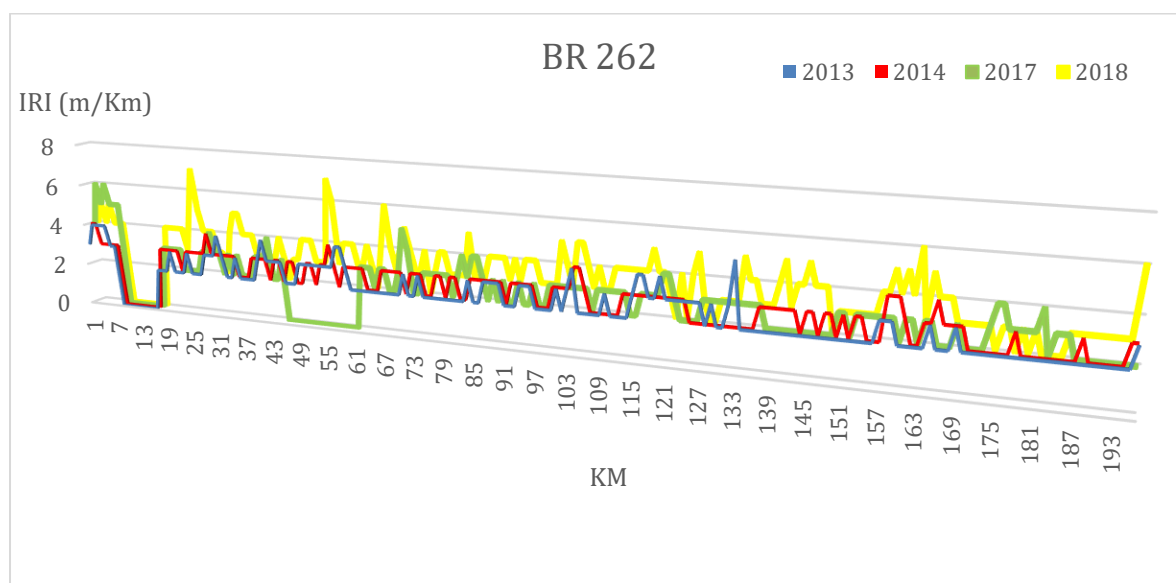


Figura 4.5 - Gráfico do desempenho do estado de conservação do pavimento da BR 262

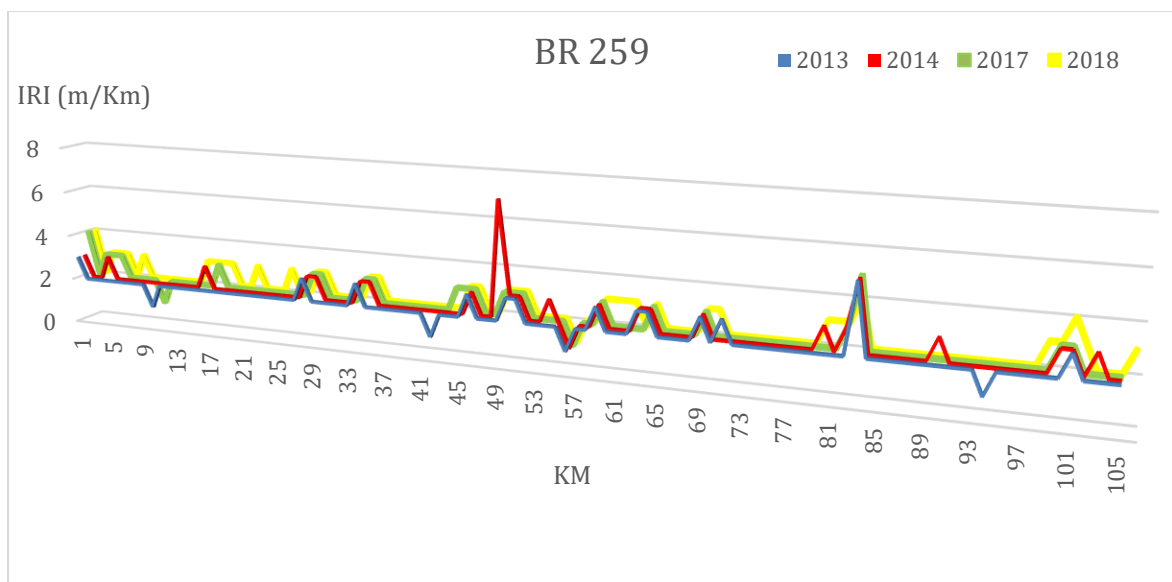


Figura 4.6 - Gráfico do desempenho do estado de conservação do pavimento da BR 259

Uma avaliação mais conceitual de estado de condição é realizada anualmente pela CNT, na qual o pavimento é classificado como péssimo, ruim, regular, bom ou ótimo. Na Tabela 4.10 observa-se o resultado da classificação da qualidade do pavimento da BR 262 e da BR 259 dos últimos Relatórios Gerenciais da CNT, onde é possível notar que a BR 262 teve seu pavimento classificado como regular apenas duas vezes entre 2013 e 2019, enquanto a BR 259 teve essa classificação cinco vezes neste mesmo período.

A fim de se fazer uma análise mais geral dos dados do SGP do DNIT comparando-os com a informação prestada pelos Relatórios da CNT, montou-se a Tabela 4.11, onde contou-se os valores do IRI por quilômetro rodoviário apresentados na Tabela 4.9 e fez-se uma média, encontrando o IRI médio da rodovia como um todo por ano. Na Tabela 4.11 nota-se que o IRI médio mais elevado apresentado pela BR 259 foi o de 2018 e que este valor se encontra abaixo do menor IRI médio apresentado pela BR 262, ou seja, o de 2013. Portanto, conclui-se que da Tabela 4.11 que de um modo geral a BR 259 apresentou um pavimento em melhores condições que a BR 262 durante os anos em que houve levantamento do SGP do DNIT.

Houve interesse, para fins de melhor análise, de mesclar as informações contidas nas Tabelas 4.10 e 4.11 em apenas uma imagem. Desta forma foram criados os gráficos presentes nas Figuras 4.7 e 4.8, onde seguiu-se a classificação do Relatório do DNIT (2013) para transformar os IRI's da Tabela 4.11 em uma classificação qualitativa como a da Tabela 4.10.

Como observado tanto na Tabela 4.10 quanto na Tabela 4.11, houve uma piora na qualidade do pavimento de ambas as rodovias do ano de 2013 para 2014. Apesar disso, a BR

262 possui, segundo a Tabela 4.10, um pavimento de qualidade ótima no ano de 2013, enquanto que a BR 259 possui status de pavimento bom no mesmo ano, porém, na Tabela 4.11 é possível constatar que o IRI médio para este ano da BR 262 é maior que o da BR 259, indicando que essa segunda, no geral possui um pavimento de melhor qualidade, diferindo do que foi dito pela CNT. O mesmo ocorre no ano de 2014, com o agravante de que o IRI médio apresentado pela BR 259 em 2014 é menor que o da BR 262 em 2013, ainda assim a Tabela 4.10 informa que a qualidade deste pavimento é regular.

Além disso, nos anos de 2017 e 2018, a CNT classifica o revestimento da BR 262 como de regular e boa qualidade respectivamente, diferindo do que é observado na Tabela 4.11, onde o IRI médio aumenta significativamente entre esses anos. Portanto, percebe-se que existe uma diferença significativa entre a classificação realizada pela CNT e os dados levantados pelo SGP.

Tabela 4.10 - Resultado dos Relatórios Gerenciais da CNT

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BR 262	Ótimo	Bom	Regular	Bom	Regular	Bom	Bom
BR 259	Bom	Regular	Regular	Regular	Regular	Bom	Regular

Tabela 4.11 - IRI médio anual de cada rodovia obtido a partir dos dados do SGP do DNIT

BR 262								
IRI	1	2	3	4	5	6	7	IRI Médio
2013	0	119	55	12	1	0	0	2,44
2014	0	72	105	10	0	0	0	2,67
2017	0	65	87	12	5	2	0	2,78
2018	0	16	77	69	19	4	2	3,59
BR 259								
IRI	1	2	3	4	5	6	7	IRI Médio
2013	4	88	12	0	1	0	0	2,10
2014	1	81	21	0	1	0	1	2,27
2017	2	81	20	1	1	0	0	2,22
2018	1	69	33	3	0	0	0	2,36

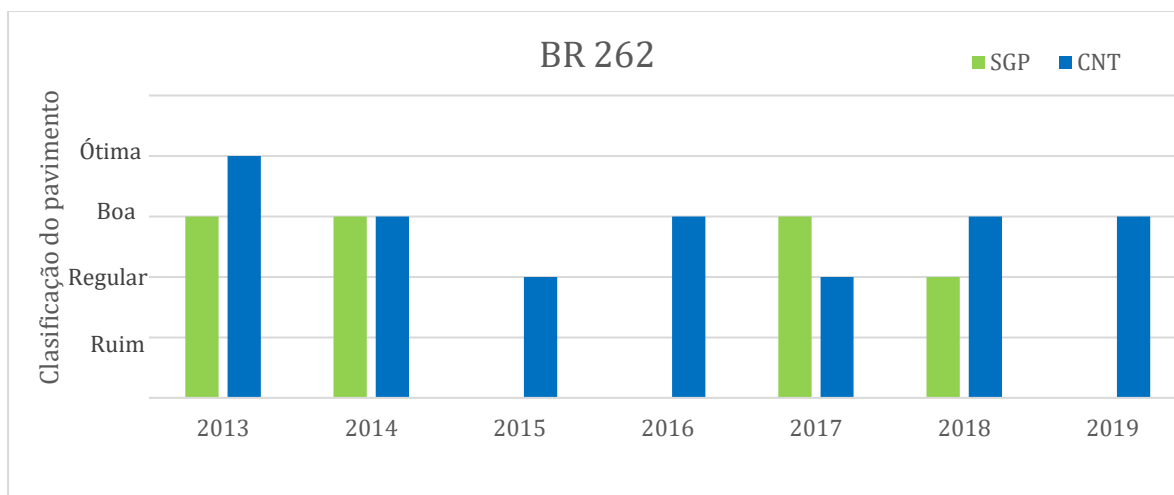


Figura 4.7 - Classificação do pavimento da BR 262

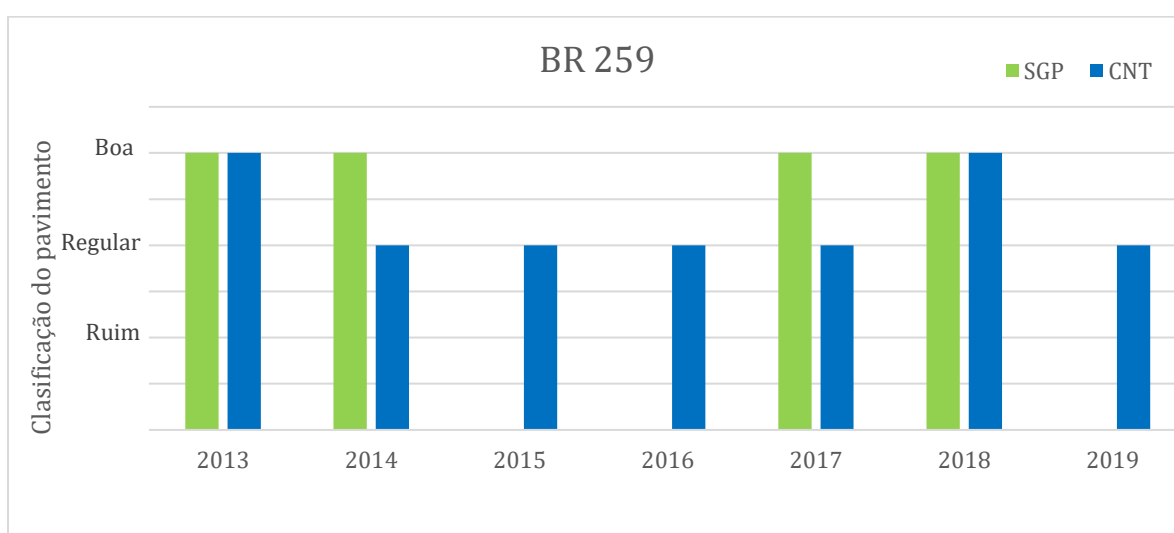


Figura 4.8 - Classificação do pavimento da BR 259

Por fim, com interesse de se comparar o IRI médio obtido para cada rodovia ao longo dos anos, montou-se o gráfico contido na Figura 4.9. Nele é possível observar que durante todos os anos a BR 259 apresentou uma qualidade de pavimento superior ao da BR 262. Também, nota-se ao analisar a Figura 4.9 que o desempenho apresentado por ambas as rodovias durante os anos de 2013, 2014 e 2017 é equivalente, ou seja, a deterioração média sofrida por elas é próxima nestes anos. Porém, no ano de 2018, percebe-se uma evolução da deterioração do pavimento da BR 262 muito superior ao sofrido pela BR 259.

Essa piora na qualidade do pavimento da BR 262 neste último ano, comparado com a BR 259, pode ser explicada pela maior porcentagem média de caminhões infratores desta primeira rodovia obtido no item 4.3 deste capítulo. Contudo, ressalta-se que pela falta de

dados disponíveis, não é possível constatar se as porcentagens de veículos infratores destas rodovias eram mais próximas nos anos anteriores. Além disso, pela falta de dados também não foi possível obter fatores de equivalência de carga destes veículos infratores, não podendo, portanto, estabelecer maiores relações entre as rodovias que pudessem explicar esta maior deterioração no ano de 2018.

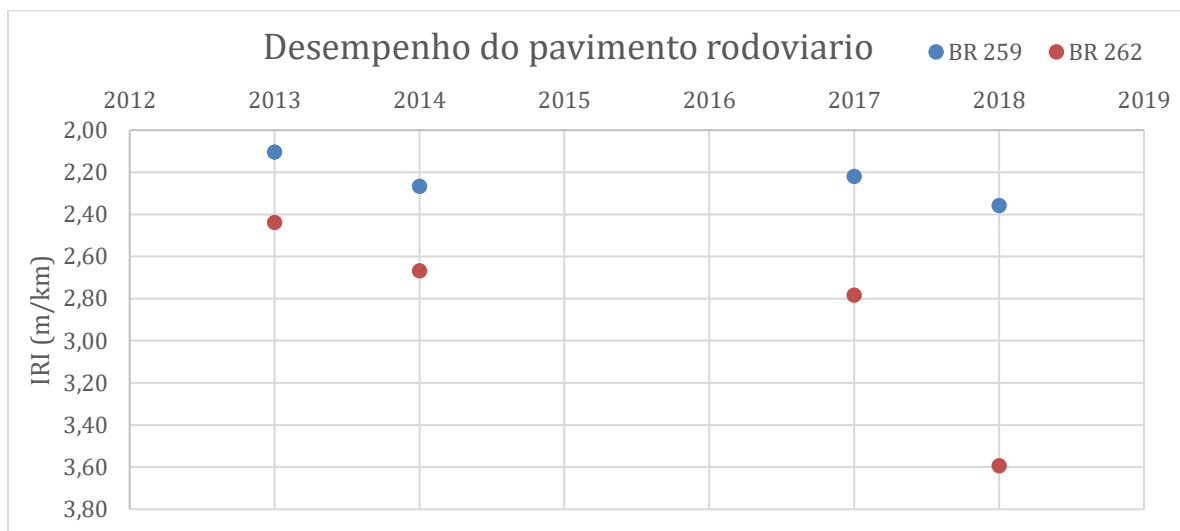


Figura 4.9 - Desempenho do pavimento das duas rodovias

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

O acompanhamento do desempenho do pavimento rodoviário e a contabilização e caracterização dos veículos infratores dos limites de carga mostraram-se importantes para o estudo da estrutura do pavimento e da sua forma de deterioração. Desta maneira esta monografia permitiu alcançar notáveis conclusões.

Ao fim deste trabalho foi possível concluir que o histórico de registro de infrações por excesso de carga nas rodovias federais do Brasil, conforme o atual modelo de fiscalização, ainda é recente. Por isso, poucas rodovias possuem vasta quantidade de dados e bem distribuídas ao longo do tempo, impossibilitando, no atual momento, a análise de muitos trechos.

Ao se observar o atual programa de fiscalização do DNIT, notou-se que este programa, caracterizado pela adoção de Unidades Móveis Operacionais que utilizam balanças móveis e portáteis para pesagem de veículos de carga não apresentam uma vasta base de dados. O único estado brasileiro no qual foi mantido pelo DNIT alguma estrutura fiscalizadora mais antiga seguindo um modelo próximo ao existente hoje, foi o estado do Espírito Santo, que por esta razão possui registros de infrações desde de 2017 até o presente ano, diferindo dos outros estados com fiscalização, que começaram a ter registros apenas de 2018 em diante.

Por esta razão, este trabalho teve seu foco voltado para o estado do Espírito Santo, mais especificamente, na BR 262 e na BR 259, duas das principais rodovias do estado e as que apresentaram um maior volume e maior histórico de dados, permitindo, ainda que de forma aquém da desejada, o desenvolvimento de estudos. Após isso, identificou-se que nessas rodovias, existiam pontos com mais fiscalização, caracterizando os locais onde haveria mais capacidade de análise. Portanto, foi a partir destes pontos que se identificaram os equipamentos de controle eletrônico de velocidade que poderiam ser utilizados para realizar uma melhor caracterização do tráfego de cada rodovia.

Por meio desta caracterização concluiu-se que a quantidade média de veículos pesados em relação ao total é próxima entre as duas rodovias, permitindo inferir que a deterioração do pavimento de ambas as rodovias, se considerado uma estrutura de pavimento

semelhante, seria aproximadamente igual. Porém, ao analisar os dados do SGP, percebeu-se que a irregularidade do pavimento da BR 262, mensurado pelo IRI médio de cada quilômetro desta estrada, possuiu uma evolução, ao longo dos anos estudados (2013, 2014, 2017 e 2018), superior à da BR 259, sendo mais evidente conforme os dados do ano de 2018. Contudo, realizou-se esta mesma análise histórica da qualidade do pavimento por meio dos relatórios gerenciais anuais da CNT, e identificou-se algumas divergências entre os dados do SGP e as classificações da CNT.

Levou-se em consideração os resultados obtidos da análise dos dados do SGP para apresentar o desempenho do pavimento de ambas as rodovias ao longo do tempo. Já que o levantamento realizado pelo SGP é oriundo de uma metodologia mundialmente utilizada e reconhecida, enquanto o levantamento realizado pela CNT, ainda que metodologicamente estruturado e supervisionado, baseia-se em critérios prioritariamente visuais e subjetivos. Com isso, percebeu-se uma deterioração mais acelerada do pavimento da BR 262, quando comparado com a deterioração apresentada pela BR 259, e também que existiram obras de restauração rodoviária na BR 259 entre os anos de 2014 e 2017.

Outra observação importante, foi feita a partir da identificação dos pontos de maior infração e do levantamento os dados de contagem dos equipamentos eletrônicos de controle de velocidade próximos a estes pontos, da qual encontrou-se, por dia, a relação entre a quantidade de infrações registradas e a quantidade de veículos de carga transientes, dando origem à uma porcentagem de caminhões infratores. Notou-se que no período estudado, esta porcentagem foi superior na BR 262, sendo igual a 0,76% para essa rodovia e 0,72% para a BR 259. Outra observação foi a existência de um pico desta porcentagem semelhante para as duas rodovias, sendo igual a 4,15% no dia 05/09/18 na BR 262 e igual a 3,96% no dia 02/09/18 na BR 259, porém, por falta de dados, não foi possível constatar e investigar a existência de periodicidade deste pico, e das porcentagens em geral, ao longo de outros anos.

O estado do Espírito Santo, em especial, apesar de contar com um histórico de fiscalização mais extenso, no atual modelo adotado pelo DNIT, ainda possui uma base de dados inferior à necessária para a realização de estudos mais detalhados. Por isso, é importante manter a continuidade das políticas de controle de carga e se possível ampliar sua atuação para outras rodovias e trechos rodoviários que se fizerem necessários. Espera-se que com a total implantação do Edital 237/2017, o DNIT passe a ter uma maior capacidade fiscalizadora e maiores possibilidades de análises quantitativas e estatísticas para o aperfeiçoamento do projeto atual de fiscalização e implantação de novos modelos de controle.

Por fim, os dados disponíveis para este trabalho não permitiram encontrar tendência clara entre as infrações e o desempenho dos pavimentos rodoviários, sendo, portanto, necessário mais dados, tanto em quantidade e histórico de infrações quanto em especificação dos infratores, como os valores de carga bruta e por eixo transportada pelos caminhões.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas sugestões de trabalhos futuros puderam ser identificadas ao fim deste estudo, como:

- Realizar trabalho semelhante no futuro para observar se o programa atualmente implantado no estado do Espírito Santo, demonstrou eficientes resultados no que diz respeito a conservação do pavimento de suas rodovias;
- Após um tempo satisfatório, desenvolver as mesmas análises em outras Unidades da Federação, podendo com isso, realizar uma comparação entre eles e o estudado neste trabalho;
- Realizar o georreferenciamento das UMO's, a fim de identificar os locais de possível atuação e empregá-las junto aos pontos de maior degradação do pavimento identificados pelo histórico de dados do SGP.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC. **Manual de diseno de conservacion vial**. Bolívia, 2011. Disponível em: http://www.abc.gob.bo/?page_id=4628. Acesso em: 25 de ago. de 2019.

ALBANO, J. F. ; LINDAU, Luis Antonio. Revisando as tecnologias para pesagem de veículos. **Revista Estradas**, Porto alegre, 2006. Disponível em: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/295_Revisando%20as%20tecnologias%20para%20pesagem%20de%20veiculos.pdf. Acesso em: 26 jun. 2019.

ALMEIDA, Arminda et al. Impact of traffic loads on flexible pavements considering Ecuador's traffic and pavement condition. **International Journal Of Pavement Engineering**, [s.l.], p.1-8. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2019.1640362>. Aceso em: 12 jul. 2019.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Materiais e estruturas de pavimentos asfálticos. In: BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, 2010. cap. 7, p. 337-372. Disponível em: Acesso em: 14 jul. 2019.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. Materiais e estruturas de pavimentos asfálticos. In: BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: Formação Básica para Engenheiros**. 3. ed. Rio de Janeiro: Petrobras, 2010. cap. 9, p. 403-440. Disponível em: Acesso em: 14 jul. 2019.

BRASIL. **Código de trânsito Brasileiro**. Lei nº. 9.503, de 23 de setembro de 1997. 7 ed. Brasília: Edições Câmara, 2015.

BRASIL. Conselho nacional de trânsito. Resolução nº 210, de 13 de novembro de 2006. Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências. Disponível em: https://infraestrutura.gov.br/images/Resolucoes/RESOLUCAO_210.rtf. Acesso em: 5 set. 2019.

BRASIL. Conselho nacional de trânsito. Resolução nº 211, 13 de novembro de 2006. Requisitos necessários a circulação de combinações de veículos de carga- CVC, a que se referem os arts. 97, 99 e 314 do código de trânsito Brasileiro- CTB. Disponível em: https://infraestrutura.gov.br/images/Resolucoes/RESOLUCAO_211.rtf. Acesso em: 5 set. 2019.

BRASIL. Conselho nacional de trânsito. Resolução nº 258, 30 de novembro de 2007. Regulamenta os artigos 231, X e 323 do Código Trânsito Brasileiro, fixa metodologia de aferição de peso de veículos, estabelece percentuais de tolerância e dá outras providências. Disponível em: https://infraestrutura.gov.br/images/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_258.pdf. Acesso em: 5 set. 2019.

BRASIL. Conselho nacional de trânsito. Resolução nº 526. Referenda a Deliberação nº 142 de 17 de abril de 2015 que dispõe sobre a alteração da Resolução CONTRAN nº 211, de 13 de novembro de 2006, e da Resolução CONTRAN nº 258, de 30 de novembro de 2007 e revoga a Resolução CONTRAN nº 489 de 05 de junho de 2014. Disponível em: <https://infraestrutura.gov.br/images/Resolucoes/Resolucao5262015.pdf>. Acesso em: 5 set. 2019.

BRASIL. Lei 13.103, de 2 de março de 2015. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 mar. 2015. Seção 1, p. 01. Disponível em: <http://www.cnttt.org.br/wp-content/uploads/2015/03/LEI-N%C2%BA-13103-DE-2-DE-MAR%C3%87O-DE-2015.pdf>. Acesso em: 5 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10233.htm. Acesso em: 26 out. 2019.

BRASIL. Lei nº 7.408, de 25 de novembro de 1985. Permite a tolerância de 5% (cinco por cento) na pesagem de carga em veículos de transporte. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 nov. 1985. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L7408.htm. Acesso em: 5 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o código de trânsito Brasileiro. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 nov. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503.htm. Acesso em: 26 out. 2019.

BRASIL. **Mapa rodoviário DER-ES 2016**. Espírito Santo: Departamento edificações e rodovias do Espírito Santo, 2016 Disponível em: <https://der.es.gov.br/mapa-rodoviario-DER-ES>. Acesso em: 13 ago. 2019.

BRASIL. Norma DNIT 005/2003-TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. **DNIT**. Rio de Janeiro, RJ, 2003. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/terminologia-ter>. Acesso em: 23 set. 2019.

BUDNY, Jaelson; KLAMT, Rodrigo André; SPECHT, Luciano Pivoto; et al. A influência da sobrecarga nos pavimentos e a importância da fiscalização de pesagem veicular nas rodovias brasileiras. **Revista Ciatec**: revista da universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, v. 9, n. 2, p.52-65, 11 dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5335/ciatec.v9i2.7569>. Acesso em: 28 jul. 2019.

CHOU, Chia-Pei J. Effect of overloaded heavy vehicles on pavement and bridge design. **Journal of the transportation research board**. 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0361198196153900108>. Acesso em: 16 jul. 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2019**: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2019. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2018**: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2018. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2017**: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2017. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2016**: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2016. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2015**: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2015. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2014**: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2014. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2013**: Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2013. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 24 jul. 2019.

CNT. **Transporte rodoviário**: por que os pavimentos das rodovias do Brasil não duram?. Brasília: CNT, 2017. Disponível em: <https://cnt.org.br/por-que-pavimentos-rodovias-nao-duram>. Acesso em: 27 jul. 2019.

DENATRAN. **Estatística**: frota de veículos. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8552-estat%C3%ADsticas-frota-de-ve%C3%ADculos-denatran.html>. Acesso em: 29 ago. 2019.

DENATRAN. **Frota por UF e tipo de veículo**. Brasília: DENATRAN, 2018. Disponível em: <https://www.denatran.gov.br/component/content/article/115-portal-denatran/8558-frota-de-veiculos-2018.html>. Acesso em: 22 jun. 2019.

DNIT. **Edital N° 94/2015-00**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/editais/consulta/resumo.asp?NUMIDEdital=5339>. Acesso em: 04 jun. 2018.

DNIT. **Edital N° 237/2017-00**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/editais/consulta/resumo.asp?NUMIDEdital=6540>. Acesso em: 04 jun. 2018.

DNIT. **Guia de Análise de Projetos Rodoviários do DNIT**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/desenvolvimento-e-projetos-1>. Acesso em: 10 jan. 2019.

DNIT. **Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais**: SGP. Brasília: DNIT, 2013. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/download/planejamento-e-pesquisa/planejamento/evolucao-da-malha-rodoviaria/relatorio-sgp-2012-2013-brasil.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2019.

DNIT. IPR 710: **Manual de Conservação Rodoviária**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ, 2005. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/publicacoes>. Acesso em: 12 jul. 2019.

DNIT. IPR 719: **Manual de Pavimentação**. 3 ed. Rio de Janeiro, RJ, 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/publicacoes>. Acesso em: 12 jul. 2019.

DNIT. IPR 723: **Manual de Estudos de Tráfego**. Rio de Janeiro, RJ, 2006. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/publicacoes>. Acesso em: 12 jul. 2019.

DNIT. IPR 742: **Manual de Implantação Básica de Rodovia**. 3 ed. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/manuais/publicacoes>. Acesso em: 12 jul. 2019.

FONTENELE, Heliana Barbosa. **Representação do tráfego de veículos rodoviários de carga através de espectros de carga por eixo e seu efeito no desempenho dos pavimentos**. Tese de doutorado. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-12032012-111950/pt-br.php>. Acesso em: 7 ago. 2019.

OLIVEIRA, Lúcia Pessoa de; PAIVA, Cassio Lima de; FERREIRA, Adelino. Impact assessment in the pavement life cycle due to the overweight in the axle load of commercial vehicles. **4th International Conference On Road And Rail Infrastructure**, Šibenik, v. 4, p.223-228, maio 2016. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/313422875_Impact_assessment_in_the_pavement_life_cycle_due_to_the_overweight_in_the_axle_load_of_commercial_vehicles. Acesso em: 18 jul. 2019.

PAIS, J. C.; AMORIM, S. I. R.; MINHOTO, M. J. C.. Impact of Traffic Overload on Road Pavement Performance. **Journal Of Transportation Engineering**, [s.l.], v. 139, n. 9, p.873-879, 8 maio 2013. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)te.1943-5436.0000571](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)te.1943-5436.0000571). Acesso em: 23 jul. 2019.

PAIS, Jorge C. et al. The pavements cost due to traffic overloads. **International Journal Of Pavement Engineering**, [s.l.], v. 20, n. 12, p.1463-1473, 23 fev. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2018.1435876>. Acesso em: 27 jun. 2019.

PEREIRA. Rafael Salles et al. Estudo de ocorrências de infrações por excesso de carga nas rodovias do estado do Espírito Santo. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA. 21., 2019, Brasília.

RAHEEL, Muhammad; et al. Impact of axle overload, asphalt pavement thickness and subgrade modulus on load equivalency factor using modified ESALs equation. **Cogent Engineering**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.1-12, 26 set. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2018.1528044>. Acesso em: 04 jul. 2019.

REIS, Filipe Pereira dos et al. Avaliação da influência da sobrecarga dos veículos pesados na rodovia BR-290/RS. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET. 31., 2017, Recife. Disponível em: http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/documentos/2017/Trafego%20Urbano%20e%20Rodoviar%20io/CT/2_453_CT.pdf. Acesso em: 30 jul. 2019.

RÉUS, Thaís Ferrari; SILVA JÚNIOR, Carlos Alberto Prado da; FONTENELE, Heliana Barbosa. Dano pelo sobrepeso de veículos comerciais ao pavimento flexível. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, CE, v. 35, n.1/2, p.55-65, 15 dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5020/23180730.2014.v35.1/2.55-65>. Acesso em: 08 jul. 2019.

RIFAI, Andri Irfan et al. The Data Mining Applied for the Prediction of Highway Roughness due to Overloaded Trucks. **International. International Journal Of Technology**, [s.l.], v. 6, n. 5, p.751-761, 30 dez. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14716/ijtech.v6i5.1186>. Acesso em: 02 jul. 2019.

RYS, Dawid; JUDYCKI, Jozef; JASKULA, Piotr. Analysis of effect of overloaded vehicles on fatigue life of flexible pavements based on weigh in motion (WIM) data. **International Journal Of Pavement Engineering**, [s.l.], v. 17, n. 8, p.716-726, 11 mar. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10298436.2015.1019493>. Acesso em: 02 jul. 2019.

SAYERS, Michael W.; KARAMIHAS, Steven M.. **The Little Book of Profiling: Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles**. Michigan: University Of Michigan, 1998. Disponível em: <http://www.umtri.umich.edu/content/LittleBook98R.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SHAHIN, M.y. **Pavement Management for Airports, Roads, and Parking Lots**. New York: Chapman & Hall, 1994. Disponível em: <https://download.e-bookshelf.de/download/0000/0003/25/L-G-0000000325-0002340048.pdf>. Acesso em: 16 jun. 2019.

SINDIROCHAS. **Informativo mensal**: exportações de rochas. Espírito Santo, 2018. Disponível em: <https://www.sindirochas.com/downloads/relatorios/exportacoes-de-rochas-dezembro-2018.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2019.

UFSC; SEP/PR; LABTRANS. **Plano mestre do porto de Vitória**. Florianópolis, SC, 2015. Disponível em: http://www.infraestrutura.gov.br/images/SNP/planejamento_portuario/planos_mestres/versao_completa/pm34.pdf. Acesso em: 16 ago. 2019

WANG, Hao; ZHAO, Jingnan; WANG, Zilong. Impact of Overweight Traffic on Pavement Life Using Weigh-In-Motion Data and Mechanistic-Empirical Pavement Analysis. **Virginia Tech**, Virginia, v. 9, n. 1, p.1-13, jun. 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/8a3d/5e2115d23505db3bc6f5faa6967d4cd546f2.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2019.

WIDMER, Joao Alexandre. **Compatibilidade de tráfego bitrens de 25m com a infra- estrutura viária brasileira**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237669171_COMPATIBILIDADE_DE_TRAFEGO_DE_BITRENS_DE_25M_COM_A_INFRA-ESTRUTURA_VIARIA_BRASILEIRA. Acesso em: 22 jul. 2019.