

HARLAN JACKSON DE LIMA

**A AUSÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO DO EXCESSO DE PESO E O DESGASTE
PRECOCE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NAS RODOVIAS FEDERAIS**

Brasília
2017



HARLAN JACKSON DE LIMA

**A AUSÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO DO EXCESSO DE PESO E O DESGASTE
PRECOCE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NAS RODOVIAS FEDERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Programa de Especialização em Operações Rodoviárias da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Operações Rodoviárias.

Orientador: Prof. M. Eng. Gustavo Garcia Otto

Brasília
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Lima, Harlan Jackson de
A Ausência de Fiscalização do Excesso de Peso e o
Desgaste Precoce do Pavimento Flexível nas Rodovias
Federais / Harlan Jackson de Lima ; orientador, Gustavo
Garcia Otto, 2017.
80 p.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Curso de Especialização
em Operações Rodoviárias, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Operações Rodoviárias. 3. Fiscalização do Excesso de
Peso. 4. Pesagem de Veículos. 5. Desgaste do Pavimento
Flexível. 6. Rodovias Federais. I. Otto, Gustavo Garcia.
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Especialização
em Operações Rodoviárias. III. Título.

HARLAN JACKSON DE LIMA

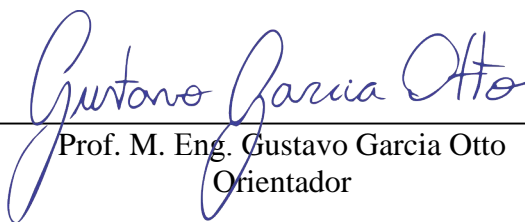
**A AUSÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO DO EXCESSO DE PESO E O DESGASTE
PRECOCE DO PAVIMENTO FLEXÍVEL NAS RODOVIAS FEDERAIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Especialista em Operações Rodoviárias, e aprovada em sua forma final pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Especialização em Operações Rodoviárias da Universidade Federal de Santa Catarina.

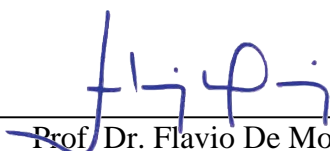
Brasília, 30 de junho de 2017.



Prof.ª Dr.ª Ana Maria Benciveni Franzoni
Coordenadora do Curso



Prof. M. Eng. Gustavo Garcia Otto
Orientador



Prof. Dr. Flavio De Mori
Membro da Banca

Dedico este trabalho final a meus avós Francisco Leal de Moura e Celestina Lima Santos pelo incentivo e pelo apoio dados durante toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha vida e pelas graças alcançadas durante esta minha longa jornada acadêmica e profissional.

Aos meus pais, pelos ensinamentos, fundamentais para minha formação ética e moral, além de toda força dada para que eu nunca desistisse dos meus objetivos.

À minha esposa, por todo amor, carinho e paciência, e por estar sempre ao meu lado para enfrentar todas as dificuldades e compartilhar as minhas vitórias e alegrias.

Ao meu orientador, por ter me guiado pelo caminho mais prático e objetivo durante o desenvolvimento deste árduo trabalho.

Aos meus colegas do DNIT, que me auxiliam diariamente na realização das minhas atividades profissionais.

Enfim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para que concluísse mais esta importante etapa em minha vida.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise geral acerca da importância da fiscalização do excesso de peso nas rodovias federais administradas pelo DNIT como método de reduzir os enormes gastos com a restauração do pavimento flexível rodoviário. Em sua revisão bibliográfica, buscou-se um embasamento teórico a respeito do transporte rodoviário de cargas no país, do pavimento flexível rodoviário, e da pesagem de veículos no Brasil. Na sequência, realizou-se um levantamento detalhado dos dados de pesagem aferidos em janeiro de 2013 no Posto de Pesagem de Veículos localizado no Km 12,0 da rodovia federal BR-020/GO, e calculou-se, com base na Lei da Quarta Potência, o impacto da carga transportada na vida útil do pavimento daquela rodovia. Em uma segunda análise, buscou-se identificar os investimentos anuais destinados pelo DNIT para restaurar e manter o pavimento flexível da rodovia em estudo. Por fim, apresentou-se um levantamento dos principais aspectos inerentes à imediata reativação do referido Posto de Pesagem de Veículos. Os resultados sugerem que o sobrepeso veicular tende a reduzir de forma considerável a vida útil do pavimento, e que o investimento na fiscalização por meio do emprego de equipamentos de pesagem dinâmica pode contribuir efetivamente com a diminuição de gastos exorbitantes com a recuperação do pavimento flexível nas rodovias federais administradas pelo DNIT.

Palavras-chave: Fiscalização do Excesso de Peso; Pesagem de Veículos; Pavimento Flexível Rodoviário.

ABSTRACT

This research presents a general analysis about the importance of inspection of excess weight on federal highways administered by DNIT as a method to reduce the enormous expenses with the restoration of flexible road pavement. In its bibliographical review, a theoretical basis was sought regarding the road transportation of loads in the country, the flexible road pavement, and the weighing of vehicles in Brazil. Following that, a detailed survey of the weighing data verified in January 2013 at the Vehicle Weighing Station located at Km 12.0 of federal highway BR-020/GO was carried out, and, based on the Law of the Fourth Power, the impact of the cargo transported on the pavement life of that highway was calculated. A second analysis aimed to identify the annual investments destined by DNIT to restore and maintain the flexible pavement of the highway under study. Finally, a survey of the main aspects inherent to the immediate reactivation of said Vehicle Weighing Station was presented. The results suggest that vehicle overweight tends to significantly reduce the useful lifetime of the pavement, and that the investment in the inspection through the use of dynamic weighing equipment can effectively contribute to the reduction of exorbitant expenses with the recovery of flexible pavement in the federal highways administered by DNIT.

Keywords: Overweight Inspection; Weighing Vehicle; Flexible Road Pavement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Seção típica de um pavimento flexível	22
Figura 02 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas	23
Figura 03 – Classificação dos revestimentos flexíveis	24
Figura 04 – Variação da temperatura da camada asfáltica	26
Figura 05 – Trinca transversal	28
Figura 06 – Trinca longitudinal	29
Figura 07 – Trinca tipo bloco de jacaré	29
Figura 08 – Trinca tipo couro de jacaré	30
Figura 09 – Afundamento plástico	30
Figura 10 – Afundamento de trilhas de roda	31
Figura 11 – Ondulação ou corrugação	31
Figura 12 – Irregularidade longitudinal	32
Figura 13 – Exsudação	32
Figura 14 – Desgaste	33
Figura 15 – Painelas	33
Figura 16 – Sistemas de Pesagem de Veículos	42
Figura 17 – PPV 12.01	48
Figura 18 – Rodovia federal BR-020/GO-DF	50
Figura 19 – Distribuição dos ESD por peso (t)	54
Figura 20 – Distribuição dos EST por peso (t)	54
Figura 21 – Distribuição dos ETD por peso (t)	54
Figura 22 – Distribuição dos ETT por peso (t)	54
Figura 23 – Percentual de eixos / grupo de eixos com excesso de peso	55
Figura 24 – Perda de vida útil do pavimento flexível (Cenário 01)	58
Figura 25 – Perda de vida útil do pavimento flexível (Cenário 02)	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Matriz brasileira de transportes de carga	17
Tabela 02 – Malha rodoviária (Km)	18
Tabela 03 – Malha rodoviária pavimentada	18
Tabela 04 – Malha rodoviária pavimentada federal	18
Tabela 05 – Qualidade geral das rodovias	18
Tabela 06 – Qualidade do pavimento	19
Tabela 07 – Qualidade da sinalização	19
Tabela 08 – Qualidade da geometria viária	19
Tabela 09 – Frota de veículos de carga por tipo de veículos	20
Tabela 10 – Idade média dos veículos de carga por tipo de veículos	21
Tabela 11 – Valores de serventia atual	34
Tabela 12 – Índice de gravidade em função da frequência dos defeitos	35
Tabela 13 – Pesos para cálculo do IGGE (36)	36
Tabela 14 – Conceitos e intervenções segundo o ICPF	36
Tabela 15 – Índice do estado da superfície do pavimento	37
Tabela 16 – Valor do fator de ponderação	38
Tabela 17 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG	38
Tabela 18 – Limites de peso (PBT e PBTC)	43
Tabela 19 – Limites de peso (Eixos e conjunto de eixos)	44
Tabela 20 – Principais configurações de veículos de carga utilizados no país	45
Tabela 21 – Classes de peso por eixo	49
Tabela 22 – Dados de pesagem do PPV 12.01	52
Tabela 23 – Distribuição das ocorrências conforme a carga aferida	53
Tabela 24 – Quantitativo de eixos / grupo de eixos com excesso de peso	55
Tabela 25 – Número N (2013)	56
Tabela 26 – Esforços aplicados ao pavimento em um período de 10 anos	57
Tabela 27 – Resumo do orçamento	59
Tabela 28 – Custo anual para restaurar e manter o pavimento na rodovia BR-020/GO-DF .	61
Tabela 29 – Custo anual para manter o pavimento do posto	68
Tabela 30 – Custos mensais e anuais com empresa terceirizada	69
Tabela 31 – Custo anual total estimado para a reativação do PPV 12.01	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AET – Autorização Especial de Trânsito

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

CCO – Centro de Controle Operacional

CENTRAN – Centro de Excelência em Engenharia de Transportes

CGU – Controladoria Geral da União

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

DER/SP – Departamento de Estradas de Rodagem no Estado de São Paulo

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias

LABTRANS – Laboratório de Transporte e Logística

PBT – Peso Bruto Total

PBTC – Peso Bruto Total Combinado

PIAF – Posto Integrado Automatizado de Fiscalização

PNCT – Programa Nacional de Contagem de Tráfego

PNP – Plano Nacional de Pesagem

PPV – Posto de Pesagem de Veículos

VMDa – Volume Médio Diário Anual

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

WIM – *Weigh In Motion*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	13
1.2 PROBLEMA	14
1.2.1 Pergunta da Pesquisa	14
1.3 OBJETIVOS	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	14
1.4 JUSTIFICATIVA	15
2 REVISÃO SISTEMÁTICA	16
2.1 O TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS NO PAÍS	16
2.1.1 Histórico e Cenário Atual	16
2.1.2 A Infraestrutura das Rodovias Brasileiras	17
2.1.3 A Frota de Veículos de Carga no País	20
2.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL RODOVIÁRIO	22
2.2.1 Os Efeitos do Excesso de Peso ao Pavimento Flexível	25
2.2.2 Principais Patologias em Pavimentos Flexíveis	28
2.2.3 Métodos de Avaliação de Superfície em Pavimentos Flexíveis	34
2.2.3.1 Método da Serventia Atual	34
2.2.3.2 Levantamento Visual Contínuo – LVC	35
2.2.3.3 Índice de Gravidade Global – IGG	37
2.3 A PESAGEM DE VEÍCULOS NO BRASIL	39
2.3.1 A História da Pesagem no Brasil	39
2.3.2 Os Sistemas de Pesagem de Veículos Comerciais	41
2.3.3 A Legislação Brasileira Aplicada ao Excesso de Peso	43
3 MÉTODOS APLICADOS NA PESQUISA	48
4 RESULTADOS DA PESQUISA	52
4.1 DADOS DE PESAGEM DO PPV 12.01	52
4.2 RECURSOS APLICADOS PARA RESTAURAR E MANTER O PAVIMENTO DA RODOVIA BR-020/GO-DF	60
4.3 A RETOMADA DA FISCALIZAÇÃO DO EXCESSO DE PESO NO PPV 12.01	63
4.3.1 Aspectos Inerentes à Reativação do PPV 12.01	64
4.3.1.1 Aspectos Legais	65
4.3.1.2 Aspectos Técnicos	65
4.3.1.3 Aspectos Operacionais	66

4.3.2 Levantamento de Custos para a Reativação do PPV 12.01	68
4.3.2.1 Reforma e Ampliação do Posto de Pesagem.....	68
4.3.2.2 Manutenção dos Pavimentos Rígido e Intertravado	68
4.3.2.3 Equipamentos e Sistemas de Pesagem Dinâmica.....	69
4.3.2.4 Aquisição de Bens Duráveis.....	69
4.3.2.5 Empresa Auxiliar para Tarefas Administrativas	70
4.3.2.6 Vigilância Armada.....	71
4.3.2.7 Custos Complementares	71
4.3.3 Análise dos Custos Estimados para a Reativação do PPV 12.01	71
4.4 ANÁLISE FINAL ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS NA PESQUISA.....	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
5.1 CONCLUSÕES	75
5.2 RECOMENDAÇÕES.....	756
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A partir da década de 50, com a chegada da indústria automobilística e a mudança da capital federal para o interior do país, o governo federal passou a investir consideravelmente na expansão da malha rodoviária brasileira, fato que levou ao predomínio do modal rodoviário em relação aos demais modais, se tornando responsável por cerca de 61% do transporte de cargas do país, segundo dados da pesquisa CNT (2015).

Este elevado fluxo de mercadorias circulando pelo país inteiro através do modal rodoviário, aliado à grande quantidade de veículos de carga que trafegam acima dos limites de peso permitidos por lei, têm gerado enormes consequências para o país que vão desde perdas com custos operacionais até aumento no número de acidentes de trânsito.

A deterioração acelerada do pavimento é uma das principais causas provocadas pelo excesso de peso nas rodovias, e na medida em que se elevam os excedentes de peso por eixo, a vida útil do pavimento reduz de forma exponencial na ordem de quatro vezes, conforme explica a Lei da Quarta Potência, ou seja, o pavimento tende a precisar de reforma cada vez mais cedo quanto maiores forem os excessos praticados pelos veículos de carga.

Assim, todo esse desgaste ao pavimento causado pelo excesso de carga demanda anualmente elevados investimentos do governo para manter a malha rodoviária, principalmente por parte do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, que administra cerca de 53.000 quilômetros de rodovias federais pavimentadas.

Uma das maneiras mais eficientes de proteger o pavimento rodoviário é através da fiscalização do excesso de peso através de postos de pesagem instalados às margens das rodovias e que utilizam de equipamentos modernos de pesagem em movimento capazes de aferir o peso dos veículos de carga com enorme agilidade e praticidade.

Diante disso, através do Plano Nacional de Pesagem – PNP foram implantados, ao longo dos últimos 35 anos, dezenas de postos de pesagem de veículos nos principais corredores logísticos do país, com o intuito de reduzir consideravelmente as perdas econômicas com recuperação e restauração de pavimento.

1.2 PROBLEMA

O Plano Nacional de Pesagem – PNP previu em seu planejamento cerca de 220 Postos de Pesagem de Veículos - PPV operando em caráter contínuo e permanente nas rodovias federais brasileiras. Destes, apenas 78 postos de pesagem foram construídos e estiveram em operação até meados de 2014. Porém, desde então, por motivos diversos, o DNIT, principal órgão executivo rodoviário do país, não possui nenhum Posto de Pesagem de Veículos em efetivo funcionamento.

1.2.1 PERGUNTA DA PESQUISA

Qual o impacto da ausência de fiscalização do excesso de peso em termos de gastos com a restauração e recuperação de pavimento flexível nas rodovias federais sob a administração do DNIT?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise geral da importância da fiscalização do excesso de peso nas rodovias federais sob a administração do DNIT para a redução de gastos com a restauração do pavimento flexível rodoviário.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Apresentar um histórico da pesagem de veículos de carga no país e as principais dificuldades enfrentadas pelo DNIT para realizar as atividades de fiscalização de excesso de peso nas rodovias federais sob a sua administração.

Identificar através de dados de pesagem de veículos e do crescimento da frota de veículos carga no país o impacto do excesso de peso na vida útil do pavimento das rodovias federais sob a administração do DNIT.

Identificar o prejuízo anual causado aos cofres públicos pela falta de fiscalização de excesso de peso nas rodovias federais sob a administração do DNIT em termos de gastos com restauração do pavimento rodoviário.

1.4 JUSTIFICATIVA

No Brasil, a prática comum de veículos comerciais de carga e passageiros circularem pelas rodovias com algum tipo de excesso de peso tem resultado em enormes prejuízos financeiros para os cofres públicos do país. Os investimentos destinados para restaurar e manter o pavimento destas rodovias tem aumentado ano após ano, e este fato ocorre, especialmente, em virtude do desgaste precoce e acelerado sofrido pelo pavimento rodoviário em detrimento do excesso de peso veicular.

Além do mais, a ausência de fiscalização adequada nas rodovias federais, por meio de Postos de Pesagem de Veículos – PPV's equipados com equipamentos e sistemas modernos de pesagem dinâmica, tem contribuído de maneira efetiva com a continuidade e o crescimento desta prática abusiva em todo país, e, em consequência, impulsionado este agressivo processo de deterioração da infraestrutura rodoviária brasileira.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA

2.1 O TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS NO PAÍS

O transporte rodoviário de cargas é aquele realizado em rodovias, pavimentadas ou implantadas, simples ou duplicadas, através do uso de veículos de cargas, tais como carretas e caminhões das mais variadas classificações, conforme o tamanho, peso bruto total, quantidade de eixos, entre outros.

O transporte rodoviário apresenta características próprias que o diferencia dos demais modais de transporte. Uma das especificidades é a grande flexibilidade que possui o transporte rodoviário, sendo ideal para transportes de curta e média distância. A possibilidade de realização do transporte porta a porta, disponibilidade e frequência são as grandes atratividades do transporte rodoviário de cargas, tornando-se ideais para cargas de alto valor ou perecíveis.

Assim como nos demais modais, o transporte rodoviário de cargas apresenta vantagens e desvantagens. Segundo Freitas (2004), em países continentais como o Brasil, o transporte rodoviário destaca-se pela flexibilidade e agilidade no acesso às cargas, principalmente naquelas localizadas em regiões isoladas, onde outros modais encontram dificuldades técnicas e financeiras de alcançarem.

Por outro lado, o transporte rodoviário possui menor capacidade de carga e os seus custos operacionais são maiores do que em outros modais, o que eleva consideravelmente o valor do frete, principalmente quando se trata de granéis sólidos, e por isso não se recomenda o transporte rodoviário de carga para longas distâncias. Outra desvantagem do modal rodoviário é a necessidade constante de manutenção da malha viária, que possui custos elevados e recai sobre o valor final da mercadoria, gerando perda de competitividade no mercado externo.

2.1.1 HISTÓRICO E CENÁRIO ATUAL

Até a década de 1930, as ferrovias e o transporte por cabotagem eram os principais meios de escoar a produção, um trajeto basicamente voltado para fora do país. A partir de então, as rodovias passaram a receber investimentos com a tentativa de integrar, industrializar e urbanizar o interior do país.

A partir da década de 50, o crescimento do modal rodoviário já era um fenômeno observado em todo mundo, e se devia principalmente à expansão da indústria automobilística e aos preços baixos dos combustíveis derivados de petróleo. No Brasil, a interiorização da capital do país também contribuiu para o investimento em larga escala na ampliação da malha rodoviária nacional, proporcionando-lhe uma rápida expansão e predominância, até os dias atuais, na matriz de transportes do país.

Segundo dados da CNT (2015), o modal rodoviário tornou-se responsável pelo transporte de 61,1% das cargas do país, enquanto que o modal ferroviário responde apenas por 20,7%, o modal aquaviário por 13,6%, o modal dutoviário por 4,2% e o modal aéreo por 0,4%, conforme demonstra a Tabela 01 a seguir.

Tabela 01 – Matriz Brasileira do Transporte de Cargas

MODAL	PARTICIPAÇÃO (%)
Rodoviário	61,1
Ferrovário	20,7
Aquaviário	13,6
Dutoviário	4,2
Aéreo	0,4
Total	100,0

Fonte: CNT (2015)

2.1.2 A INFRAESTRUTURA DAS RODOVIAS BRASILEIRAS

A maior parte da malha rodoviária do país foi implantada entre as décadas de 50 e 80, quando a situação fiscal favorável e o ambiente institucional que favorecia a vinculação de recursos orçamentários para o setor de transportes possibilitaram a realização de significativos na construção e na pavimentação de estradas (AZEREDO, 2004).

Atualmente, o Brasil possui, segundo a CNT (2015), uma extensão de 1.720.607 km de rodovias, sendo 213.299 km de rodovias pavimentadas, 1.353.186 km de rodovias não pavimentadas e 154.192 km de rodovias planejadas. Das rodovias pavimentadas, 66.172 km são rodovias federais, 199.691 km são rodovias estaduais e 26.826 km são rodovias municipais. Quase 90% das rodovias federais pavimentadas são de pista simples. As Tabelas 02, 03 e 04 a seguir apresentam estes dados de maneira detalhada.

Tabela 02 – Malha Rodoviária (Km)

	Pavimentada	Não Pavimentada	Planejadas
Malha Rodoviária	213.299	1.353.186	154.192

Fonte: CNT (2015)

Tabela 03 – Malha Rodoviária Pavimentada (Km)

	Federal	Estadual	Municipal
Malha Pavimentada	66.172	199.691	26.826

Fonte: CNT (2015)

Tabela 04 – Malha Rodoviária Pavimentada Federal (Km)

	Duplicada	Em Duplicação	Pista Simples
Malha Federal	5.830	1.587	59.295

Fonte: CNT (2015)

Sobre a qualidade destas rodovias, a Pesquisa CNT (2015), por meio de uma amostra de um pouco mais de 100 mil quilômetros de rodovias federais e estaduais pavimentadas, aponta que, em estado geral, 42,7% das rodovias pavimentadas do país apresentam-se como boas ou ótimas, e que 57,3% delas encontram-se regulares, ruins ou péssimas. A pesquisa também faz análise, em caráter isolado, do pavimento, da sinalização e da geometria viária destas rodovias, e, desta maneira, verificou que, tanto quanto ao pavimento como à sinalização, o percentual de “bom/ótimo” e “regular/ruim/péssimo” ficam em torno de 50%. A situação mais grave ocorre com a geometria viária das rodovias, onde apenas 22,8% classificam-se como “bom” ou “ótimo”, o restante classifica-se como “regular”, “ruim” ou “péssimo”. Estes dados podem ser observados nas Tabelas 05, 06, 07 e 08 a seguir.

Tabela 05 – Qualidade Geral das Rodovias

ESTADO GERAL	EXTENSÃO TOTAL	
	KM	%
Ótimo	12.640	12,5
Bom	30.464	30,2
Regular	35.105	34,9
Ruim	16.214	16,1
Péssimo	6.340	6,3

Fonte: CNT (2015)

Tabela 06 – Qualidade do Pavimento

ESTADO GERAL	EXTENSÃO TOTAL	
	KM	%
Ótimo	41.960	41,6
Bom	9.906	9,8
Regular	35.620	35,4
Ruim	10.203	10,1
Péssimo	3.074	3,1

Fonte: CNT (2015)

Tabela 07 – Qualidade da Sinalização

ESTADO GERAL	EXTENSÃO TOTAL	
	KM	%
Ótimo	16.509	16,4
Bom	32.414	32,2
Regular	28.933	28,7
Ruim	13.083	13,0
Péssimo	9.824	9,7

Fonte: CNT (2015)

Tabela 08 – Qualidade da Geometria Viária

ESTADO GERAL	EXTENSÃO TOTAL	
	KM	%
Ótimo	4.861	4,8
Bom	18.115	18,0
Regular	30.443	30,2
Ruim	18.668	18,5
Péssimo	28.676	28,5

Fonte: CNT (2015)

Os dados apresentados acima demonstram uma enorme necessidade de melhoria urgente na qualidade das rodovias do país, visto que menos da metade da malha viária nacional apresenta características técnicas funcionais satisfatórias, fato que acarreta no alto índice de acidentes, elevado custo de frete e perda de competitividade no mercado externo.

2.1.3 A FROTA DE VEÍCULOS DE CARGA NO PAÍS

Segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2016), a frota total de veículos de carga que circulam pelas rodovias do país corresponde a 1.983.470. Deste total, 41,16% dos veículos estão sendo operados por transportadores de carga autônomos, e 57,77% por empresas transportadoras de carga. A Tabela 09 a seguir descreve a distribuição da frota dos veículos de carga por tipo de veículo.

Tabela 09 – Frota de Veículos de Carga por Tipo de Veículo

TIPO DE VEÍCULO	AUTÔNOMO	EMPRESA	COOPERATIVA	TOTAL
Caminhão Leve (3,5T a 7,99T)	113.663	54.284	977	169.464
Caminhão Simples (8T a 29T)	345.702	239.012	3.620	588.334
Caminhão Trator	135.815	312.200	7.167	455.182
Caminhão Trator Especial	806	2.403	60	3.269
Caminhonete/Furgão (1,5 T a 3,49T)	67.207	30.907	286	98.400
Reboque	9.564	29.708	240	39.512
Semirreboque	114.315	460.326	8.495	583.136
Semirreboque com 5ª Roda/Bitrem	427	1.607	78	2.112
Semirreboque Especial	154	1.320	16	1.490
Utilitário Leve (0,5T a 1,49T)	27.685	12.019	167	39.871
Veículo Operacional de Apoio	1.164	1.528	8	2.700
Total	816.502	1.145.854	21.114	1.983.470

Fonte: ANTT (2016)

O Registro Nacional dos Transportadores Rodoviário de Cargas RNTRC, elaborado pela ANTT (2016), aponta que a idade média dos veículos de carga no Brasil ultrapassa os 13 anos, estando bem acima do tempo de depreciação dos veículos que é de 5 anos, o que eleva os custos operacionais do transporte rodoviário. Esta idade média é ainda maior nos veículos de carga operados por transportadores de carga autônomos, estando acima dos 17 anos, enquanto que nas empresas transportadoras de carga a idade média é de 9,6 anos. A Tabela 10 a seguir apresenta estes dados detalhados por tipo de veículo.

Tabela 10 – Idade Média dos Veículos de Carga por Tipo de Veículo

TIPO DE VEÍCULO	AUTÔNOMO	EMPRESA	COOPERATIVA	TOTAL
Caminhão Leve (3,5T a 7,99T)	20,6	9,7	10,4	13,6
Caminhão Simples (8T a 29T)	24,0	10,8	15,4	16,7
Caminhão Trator	18,1	8,2	13,8	13,4
Caminhão Trator Especial	16,1	6,2	11,4	11,2
Caminhonete/Furgão (1,5 T a 3,49T)	10,1	7,1	7,6	8,3
Reboque	19,7	10,9	14,1	14,9
Semirreboque	15,0	9,0	11,4	11,8
Semirreboque com 5ª Roda/Bitrem	10,3	8,1	7,2	8,5
Semirreboque Especial	16,4	8,2	13,3	12,6
Utilitário Leve (0,5T a 1,49T)	13,1	8,3	9,5	10,3
Veículo Operacional de Apoio	26,6	18,9	23,0	22,8
Total	17,3	9,6	12,5	13,1

Fonte: ANTT (2016)

2.2 PAVIMENTO FLEXÍVEL RODOVIÁRIO

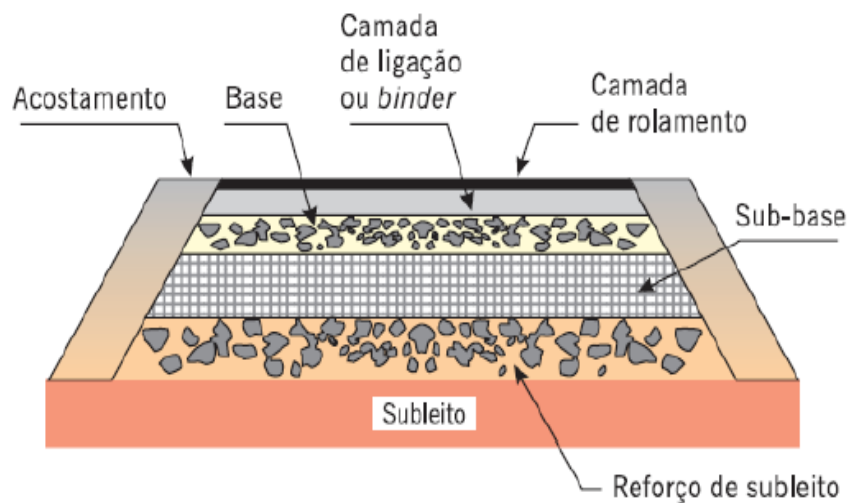
O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2006) considera pavimento como sendo uma superestrutura constituída de múltiplas camadas de espessuras finitas, sobrepostamente compactadas e que estão assentes sobre a superfície final de terraplanagem, considerada infinita e designada de subleito.

Para Gonçalves (1999), o pavimento possui as funções de propiciar uma superfície de rolamento que atenda a requisitos de conforto e segurança para o tráfego, nas velocidades operacionais da via, e manter estas características acima de limites admissíveis em quaisquer condições climáticas.

Os pavimentos classificam-se em flexíveis, semirrígidos e rígidos. De acordo com o DER/SP (2006), os pavimentos flexíveis são constituídos por revestimento asfáltico sobre camada de base granular e os esforços provenientes do tráfego são absorvidos pelas suas diversas camadas constituintes.

Segundo Maia (2012), nos pavimentos flexíveis as camadas são constituídas por materiais deformáveis, e devem ter espessuras maiores para reduzir as tensões originadas pelo tráfego, que se dissipam lentamente, até alcançarem valores admissíveis pelo solo ao nível do subleito. De maneira geral, as camadas constituintes de um pavimento flexível recebem as seguintes nomenclaturas: subleito, reforço de subleito, sub-base, base e revestimento. A figura 01 a seguir apresenta a seção típica de um pavimento flexível:

Figura 01 – Seção típica de um pavimento flexível



Fonte: Bernucci et al. (2008)

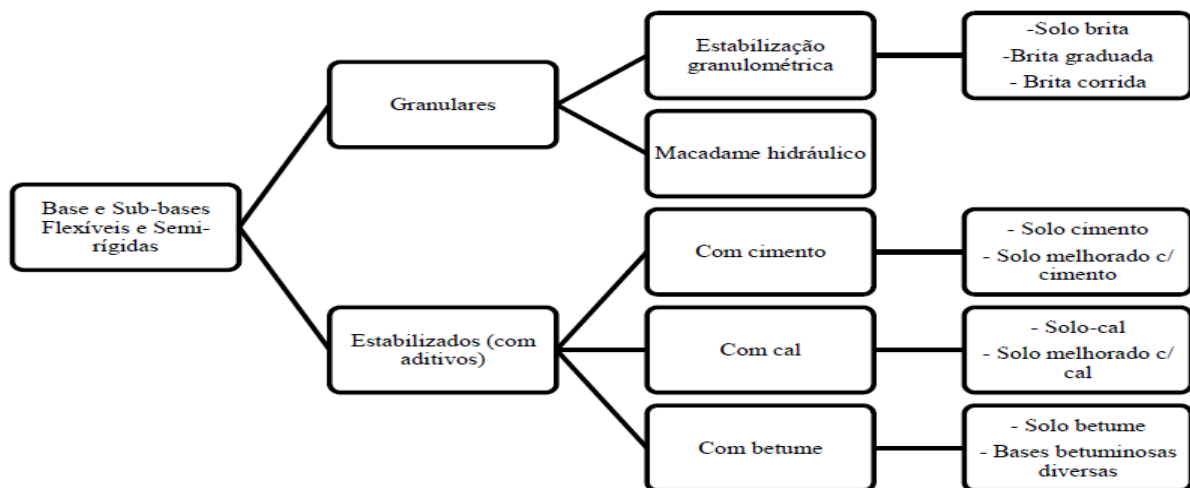
O subleito é a camada maciça teoricamente infinita destinada a servir de apoio para o pavimento rodoviário e deve ser regularizado de modo a preparar o leito da estrada para receber este pavimento.

O reforço do Subleito é a camada de espessura constante construída, se necessário, em casos de pavimentos muito espessos, com a finalidade de reduzir a espessura da sub-base. Além disso, deve possuir a capacidade de melhorar as características estruturais do pavimento, apresentando estabilidade e durabilidade quando devidamente compactado.

A sub-base é a camada complementar à base, e deve ser utilizada para dar reforço à estrutura do pavimento quando o solo do subleito possuir baixa qualidade. A sub-base possui ainda as funções de proteger o pavimento de ruína decorrente do bombeamento de solo entre o subleito e a base, bem como de realizar a drenagem da água acumulada no pavimento.

A base é a camada do pavimento situada imediatamente abaixo da capa de revestimento, destinada a resistir aos esforços verticais e distribuí-los às camadas inferiores de modo a reduzir as tensões de deformação e cisalhamento no subleito e na sub-base a níveis aceitáveis. Segundo o manual de pavimentação do DNIT (2006), as bases e sub-bases de pavimentos flexíveis podem ser classificadas em granulares e estabilizados, conforme ilustra a Figura 02 a seguir.

Figura 02 – Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semirrígidas

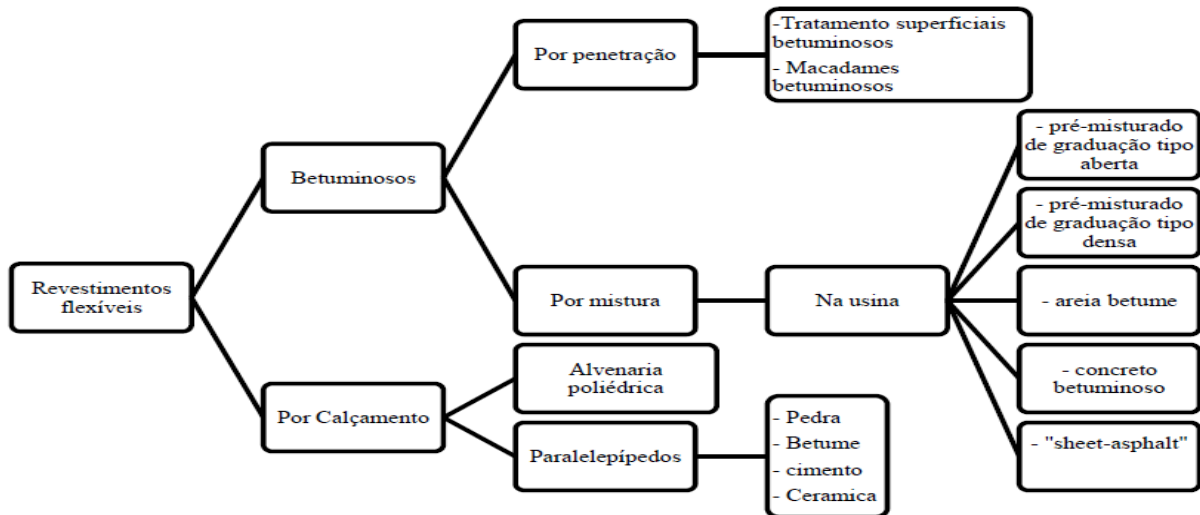


Fonte: DNIT (2006)

O revestimento é a camada mais nobre do pavimento, destinada a resistir diretamente às ações do tráfego, diminuir a permeabilidade do pavimento, transmitir de forma atenuada as ações do tráfego às camadas inferiores, melhorar as condições de rolamento, promover

conforto e segurança ao usuário, além de resistir ao desgaste e aumentar a durabilidade do pavimento. O manual de pavimentação do DNIT (2006) classifica os revestimentos da seguinte forma:

Figura 03 – Classificação dos revestimentos flexíveis



Fonte: DNIT (2006)

De acordo com Pacheco (2001), os dois tipos de revestimentos asfálticos mais utilizados no Brasil são: tratamento superficial (TS) e concreto asfáltico (CA). O tratamento superficial caracteriza-se por ser a camada de revestimento constituída de aplicação de ligante betuminoso coberta por camada de agregado mineral, e posterior compressão. Pode ser classificado em tratamento superficial simples (TSS), tratamento superficial duplo (TSD) e tratamento superficial triplo (TST). A diferença entre estes três tipos de tratamento superficial é o número de camadas de ligante e agregado mineral que irá compor o revestimento.

O concreto asfáltico (CA) é definido pelo DNIT (2006) como mistura de agregado graduado, material de enchimento conhecido como filer, cimento asfáltico e vazios, executada em usina apropriada, espalhada e compactada a quente. Pode ser classificado em convencional e especial conforme o tipo de material empregado como ligante asfáltico.

As camadas do pavimento flexível apresentadas acima devem ser dimensionadas para suportar determinadas condições de tráfego por um período estabelecido. O adequado dimensionamento destas camadas aliado a técnicas corretas de construção e manutenção deste pavimento, bem como o rígido controle de cargas incidentes na superfície de rolamento podem garantir que as suas funções primárias sejam mantidas durante todo o tempo de vida

previsto em projeto, caso contrário, será inevitável o risco de aparecimento de patologias, e até mesmo a ruína completa da estrutura do pavimento. Neste sentido, o excesso de peso nos veículos de carga pode contribuir consideravelmente para a rápida degradação de qual quer pavimento flexível.

2.2.1 OS EFEITOS DO EXCESSO DE PESO AO PAVIMENTO FLEXÍVEL

Em meados do século XX, a *AASHTO Road Test*, com intuito de facilitar o dimensionamento de pavimentos, definiu a partir de seus estudos um eixo padrão de 8,2 tf para efeitos de modelagem do tráfego, visto que este se apresenta na maioria das vezes complexo, com diferentes veículos e cargas aleatórias distribuídas em várias configurações de eixos e rodas. Assim, os efeitos da carga de qualquer eixo ou conjunto de eixos sobre o pavimento podem ser relacionados ao eixo padrão através do Fator de Equivalência de Cargas. (ALBANO, 2005).

Segundo Schmitt (2015), a vida útil de um pavimento é calculada em virtude do equivalente em número de solicitações do eixo padrão (8,2 tf), e desta forma, haverá concentração de carga por eixo para cargas pesadas distribuídas em veículos de poucos eixos, resultando em um equivalente maior em número de solicitações de eixo padrão, e fazendo com que ocorra um desgaste acelerado do pavimento decorrente do excesso de carga por eixo.

De acordo com Borges (2012), testes desenvolvidos pela *AASHTO* demonstram que o desgaste do pavimento se eleva de forma exponencial com o aumento da carga por eixo. O expoente pode variar entre 3 e 6, dependendo do tipo e estrutura do pavimento. Para efeitos práticos e didáticos, adota-se como valor médio entre o excesso de peso e a degradação do pavimento um expoente igual a 4. Esta perspectiva ficou conhecida como Lei da Quarta Potência.

Neste sentido, as Leis de Fadiga do Material conseguem relacionar numericamente a deformação sofrida pelos pavimentos ao tamanho do dano causado através da quantidade de vezes que este pavimento foi solicitado até sua ruptura. Alguns estudos se destacam nesta área da engenharia de transportes, tais como: Função Dano de Kachanov, Lei Geral da Fadiga, Modelos de Oscilação de Carga, Temperatura e o Dano em Pavimento, Distribuição da Tensão no Contato Pneu/Pavimento e, principalmente, os Fatores de Equivalência de Carga e a Lei da Quarta Potência. (UFSC, 2012)

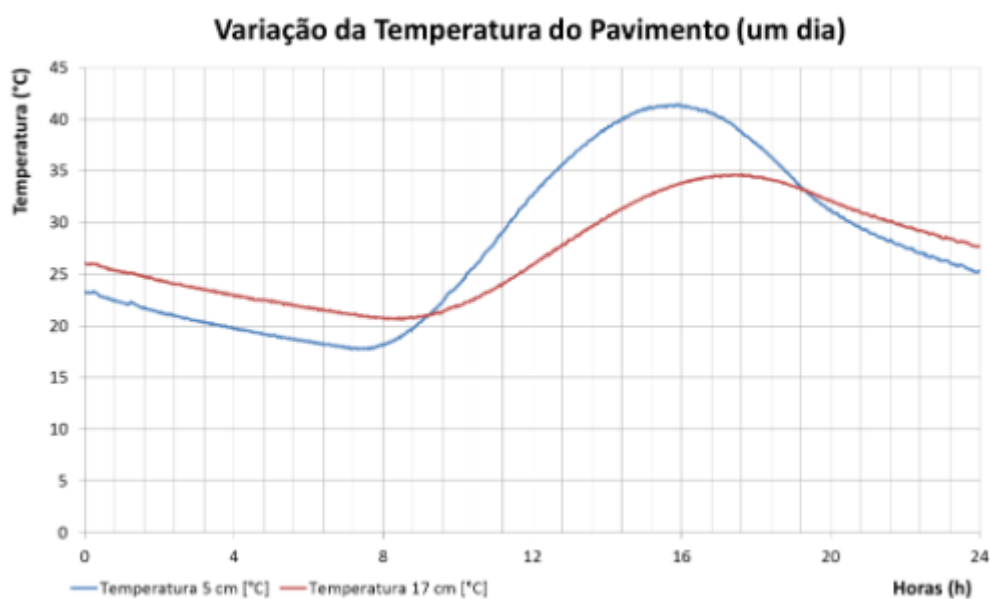
O modelo de aproximação de Kachanov (1986) baseia-se na análise da mecânica do dano progressivo em pavimentos asfálticos, de forma que a simples evolução da deformação do material por ruptura progressiva de ligação conduz a introdução de uma tensão efetiva.

A Lei Geral da Fadiga, por sua vez, parte do princípio de que todos os materiais solicitados são suscetíveis à fadiga e que o tempo de vida destes materiais depende do tipo de solicitação e da sua exposição às ações da natureza. No caso de materiais asfálticos, o grau da fadiga varia conforme as amplitudes de tensão e deformação. A ruptura do material ocorre após uma sequência de solicitações repetidas. Esta quantidade específica de ciclos é conhecida como Número N.

Os modelos de oscilação de carga permitem simular o efeito da rugosidade do pavimento sobre a força resultante do conjunto aplicada à superfície com base no comportamento das cargas dos veículos, em virtude das leis físicas da dinâmica.

Os efeitos da temperatura também devem ser considerados na análise da deterioração acelerada de pavimentos rodoviários, visto que estes possuem uma propriedade de atuarem como excelentes isolantes térmicos, afetando a uniformidade da condução térmica através de suas camadas. A figura 04 a seguir apresenta a variação da temperatura em um pavimento asfáltico ao longo do dia por meio de sensores instalados a 5 cm e 17 cm de profundidade.

Figura 04 – Variação da temperatura da camada asfáltica



Fonte: UFSC (2012)

Uma pesquisa realizada por De Beer (1994) demonstra que a distribuição da tensão real no contato pneu/pavimento, geralmente considerada como sendo circular para simplificação das análises, depende do tipo de pneu, da pressão de insuflagem, da carga por eixo e do valor de velocidade dos veículos de carga.

Todos estes estudos citados acima contribuem efetivamente para o entendimento dos efeitos do excesso de peso sobre o pavimento asfáltico, porém, o trabalho desenvolvido pela *AASHTO* a partir da década de 50 destaca-se ainda hoje pela abrangência dos experimentos realizados e pelas suas descobertas que passaram a balizar os principais trabalhos realizados na área de engenharia de transportes.

O resultado mais significativo destas pesquisas foi a Lei da Quarta Potência, que influenciou diretamente os principais métodos de dimensionamento de pavimentos. A essência desta Lei revela que o desgaste do pavimento rodoviário ocorre numa equivalência de quarta potência à medida que há um acréscimo de carga por eixo em veículos comerciais.

A equação 1 a seguir representa matematicamente o modelo desenvolvido pela *AASHTO* da Lei da Quarta Potência para encontrar a agressividade de acordo com o dano por fadiga dos pavimentos.

$$FC = \left(\frac{P}{P_o}\right)^n, \text{ com } n \cong 4 \quad (1)$$

Onde P é a carga real de tráfego e P_o é a carga de referência do eixo padrão, geralmente adotada como sendo 8,2 tf no Brasil.

Através da fórmula acima é possível encontrar o fator de equivalência de carga do tráfego real em virtude do eixo padrão de referência e identificar o dano causado pelo excesso de carga ao pavimento em virtude da redução de sua vida útil.

Deve-se ressaltar que a Lei da Quarta Potência pode ser considerada para efeitos práticos e didáticos como método para simplificar a análise do desgaste de pavimentos rodoviários, porém, assim como exposto acima, vários fatores influenciam no comportamento geral da resistência e durabilidade do pavimento submetido ao tráfego complexo de uma rodovia.

2.2.2 PRINCIPAIS PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A norma DNIT 005/2003 estabelece as principais características e causas dos defeitos de pavimentos flexíveis com o objetivo de padronizar os termos técnicos empregados para identificá-los, conforme se apresentam a seguir:

1. **Fissura:** Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinalmente, transversalmente ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível à vista desarmada a distâncias inferiores a 1,5 m, com aberturas inferiores a 1 mm.
2. **Trinca:** Fenda existente no revestimento, facilmente visível à vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar-se sob a forma de trinca isolada ou interligada.
 - a. **Trinca isolada:**
 - i. **Trinca transversal:** Trinca isolada que apresenta direção predominantemente perpendicular ao eixo da via. (Figura 05)

Figura 05 – Trinca Transversal



Fonte: DNIT (2003)

- ii. **Trinca longitudinal:** Trinca isolada que apresenta direção predominantemente paralela ao eixo da via. (Figura 06)

Figura 06 – Trinca Longitudinal



Fonte: DNIT (2003)

iii. Trinca de retração: Trinca isolada não atribuída aos fenômenos de fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica ou do material de revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado.

b. Trincas interligadas:

i. Trincas tipo bloco: Conjunto de trincas interligadas caracterizadas pela configuração de blocos formados por lados bem definidos, podendo, ou não, apresentar erosão acentuada nas bordas (Figura 07).

Figura 07 – Trinca Tipo Bloco



Fonte: DNIT (2003)

- ii. **Trincas tipo couro de jacaré:** Conjunto de trincas interligadas sem direções preferenciais, assemelhando-se ao aspecto de couro de jacaré. Estas trincas podem apresentar, ou não, erosão acentuada nas bordas (Figura 08).

Figura 08 – Trinca Tipo Couro de Jacaré



Fonte: DNIT (2003)

3. **Afundamento:** Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de pequena elevação do revestimento asfáltico, podendo apresentar-se sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação.
- a. **Afundamento plástico:** Afundamento causado pela fluência plástica de uma ou mais camadas do pavimento ou do subleito, acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico (Figura 09).

Figura 09 – Afundamento Plástico



Fonte: DNIT (2003)

- b. Afundamento de consolidação:** Afundamento causado pela consolidação diferencial de uma ou mais camadas do pavimento ou subleito sem estar acompanhado de pequena elevação do revestimento asfáltico.
- c. Afundamento da trilha de roda:** Deformação permanente constituída de uma depressão longitudinal na superfície do pavimento no local das trilhas dos pneus dos veículos (Figura 10).

Figura 10 – Afundamento de Trilha de Roda



Fonte: DNIT (2003)

- 4. Ondulação ou corrugação:** Deformação caracterizada por pequenas irregularidades longitudinais, com pequenos comprimentos de onda e amplitude irregular, acompanhadas ou não de escorregamentos, resultando em sensíveis vibrações para os veículos em movimento (Figura 11).

Figura 11 – Ondulação ou Corrugação



Fonte: DNIT (2003)

- 5. Irregularidade Longitudinal:** Desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas da via (Figura 12).

Figura 12 – Irregularidade Longitudinal



Fonte: USP (2014)

- 6. Escorregamento:** Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de trincas em forma de meia lua.
- 7. Exsudação:** Excesso de ligante asfáltico na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento (Figura 13).

Figura 13 – Exsudação



Fonte: DNIT (2003)

8. **Desgaste:** Efeito do arrancamento progressivo do ligante e do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais (Figura 14).

Figura 14 – Desgaste



Fonte: DNIT (2003)

9. **Panela:** Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento e provocar a desagregação dessas camadas. Trata-se de uma patologia muito grave, seja em caráter estrutural como funcional, pois além de tornar vulneráveis as camadas subjacentes do pavimento, prejudica o conforto do usuário, a segurança do tráfego e aumenta os custos de transporte. (Figura 15).

Figura 15 – Panelas



Fonte: Google (2016)

2.2.3 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUPERFÍCIE EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

A avaliação de superfície em pavimentos rodoviários flexíveis trata-se da aplicação de métodos validados para a identificação das condições estruturais e funcionais deste pavimento. Esta avaliação visa através do levantamento da quantidade e da severidade de patologias fornecer subsídios para elaboração de um plano de medidas eficaz e suficiente que promova a recuperação das características primárias de um pavimento rodoviário. Entre os métodos de avaliação de superfície existentes no Brasil destacam-se o Método da Serventia Atual e o Levantamento Visual Contínuo.

2.2.3.1 MÉTODO DA SERVENTIA ATUAL

De acordo com o DNIT (2003), este método caracteriza-se por ser uma maneira subjetiva de se avaliar a superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, onde é mensurada a capacidade de um determinado trecho de proporcionar conforto aos seus usuários. O Valor de Serventia Atual – VSA é obtido através da análise de avaliadores que percorrem o trecho e verificam qual o nível do pavimento em termos de atendimento às exigências do tráfego desejadas. A tabela 11 a seguir permite classificar o trecho analisado com base no VSA:

Tabela 11 – Valores de Serventia Atual

CONCEITO	VSA
Péssimo	0 - 1
Ruim	1 - 2
Regular	2 - 3
Bom	3 - 4
Ótimo	4 - 5

Fonte: DNIT (2003)

O procedimento 009/2003 do DNIT orienta que a equipe de avaliadores para determinação do VSA deve ser composta por cinco membros especialistas e, sempre que possível, a análise realizada deve ser comparada com uma análise feita por um grupo maior de pessoas. Na sequência, devem ser escolhidos dez trechos com cerca de 600 metros cada e variação na qualidade de rolamento para que seja realizada a avaliação da superfície do pavimento. A média dos valores encontrados representará o VSA do trecho analisado.

2.2.3.2 LEVANTAMENTO VISUAL CONTÍNUO – LVC

Neste método, o DNIT (2003) orienta que a equipe avaliadora seja composta por dois técnicos especialistas percorrendo trechos com 1 km de extensão em um veículo que se locomove entre 30 e 40 Km/h para que seja realizado o registro dos defeitos na superfície do pavimento. Um dos objetivos deste levantamento, normatizado pelo procedimento 008/2003 do DNIT, é fornecer dados para o cálculo do Índice de Gravidade Global Expedito (IGGE) com base na equação 2 a seguir:

$$IGGE = (Pt \times Ft) + (Poap \times Foap) + (Ppr \times Fpr) \quad (2)$$

Onde:

- Ft, Pt = Frequência e Peso do conjunto de trincas t;
- Foap, Poap = Frequência e Peso do conjunto de deformações;
- Fpr, Ppr = Frequência e Peso do conjunto de painéis e remendos.

A frequência de cada tipo de defeito encontrado no pavimento flexível rodoviário definirá o seu respectivo Índice de Gravidade, por meio do qual se determina o valor dos pesos a serem adotados no cálculo do IGGE, conforme fica demonstrado através das tabelas 12 e 13 a seguir.

Tabela 12 – Índice de Gravidade em função da frequência dos defeitos

PANELAS E REMENDOS			
Código	Frequência	Quantidade/Km	Gravidade
A	Alta	≥ 5	3
M	Média	2 - 5	2
B	Baixa	≤ 2	1
DEMAIS DEFEITOS			
Código	Frequência	% por Km	Gravidade
A	Alta	≥ 50	3
M	Média	50 - 10	2
B	Baixa	≤ 10	1

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

Tabela 13 – Pesos para cálculo do IGGE

Gravidade	Pt	Poap	Ppr
3	0,65	1,00	1,00
2	0,45	0,70	0,80
1	0,30	0,60	0,70

Fonte: DNIT (2003)

Para realizar a classificação do trecho analisado com base no Índice de Gravidade Global Expedito é preciso identificar antes o Índice de Condição do Pavimento Flexível – ICPF deste trecho por meio de uma avaliação visual do pavimento baseada no tipo de intervenção necessária para corrigir os defeitos existentes, conforme descrito na tabela 14 a seguir.

Tabela 14 – Conceitos e intervenções segundo o ICPF

Conceito	Descrição	ICPF
Ótimo	Necessita apenas de conservação rotineira	5 – 4
Bom	Aplicação de lama asfáltica – Desgaste superficial, trincas não muito severas em áreas não muito extensas	4 – 3
Regular	Correções de pontos localizados ou recapeamento – pavimento trincado, com painelas e remendos pouco frequentes e com irregularidade longitudinal ou transversal	3 – 2
Ruim	Recapeamento com correções prévias – defeitos generalizados com correções prévias em áreas localizadas – remendos superficiais ou profundos	2 – 1
Péssimo	Reconstrução – defeitos generalizados com correções prévias em toda a extensão – degradação do revestimento e das demais camadas – infiltração de água e descompactação da base	1 – 0

Fonte: DNIT (2003)

O Índice do Estado de Superfície – IES, principal balizador do levantamento visual contínuo para classificação do trecho analisado quanto à qualidade de seu pavimento flexível, é estabelecido com base nos resultados obtidos através do IGGE e do ICPF, conforme apresentado pela tabela 15 a seguir.

Tabela 15 – Índice do Estado da Superfície do pavimento

Descrição	IES	Código	Conceito
$IGGE \leq 20$ e $ICPF > 3,5$	0	A	ÓTIMO
$IGGE \leq 20$ e $ICPF \leq 3,5$	1	B	BOM
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF > 3,5$	2		
$20 \leq IGGE \leq 40$ e $ICPF \leq 3,5$	3	C	REGULAR
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF > 2,5$	4		
$40 \leq IGGE \leq 60$ e $ICPF \leq 2,5$	5		
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF > 2,5$	7	D	RUIM
$60 \leq IGGE \leq 90$ e $ICPF \leq 2,5$	8		
$IGGE > 90$	10	E	PÉSSIMO

Fonte: DNIT (2003)

2.2.3.3 ÍNDICE DE GRAVIDADE GLOBAL – IGG

De acordo com o DNIT (2003), este índice é tratado através da sua norma 006/2003 como sendo o procedimento de avaliação objetiva de superfície de pavimentos, mediante a contagem e a classificação de ocorrências aparentes e da medição das deformações permanentes nas trilhas de roda.

Neste método, faz-se necessária a utilização de uma treliça de alumínio de 1,20 metros de comprimento com régua móvel em seu ponto médio capaz de medir em milímetros as flechas da trilha de roda.

O valor do IGG é obtido através da somatória do Índice de Gravidade Individual – IGI, que se trata da multiplicação entre a frequência relativa de cada tipo de ocorrência pelo fator de ponderação respectivo, conforme apresenta a Equação 3 a seguir.

$$IGI = Fr \times Fp \quad (3)$$

Onde:

- Fr = Frequência relativa;
- Fp = Fator de ponderação, obtido de acordo com a tabela 16.

Tabela 16 – Valor do fator de ponderação

Tipo de Ocorrência	Fator de Ponderação (Fp)
Fissuras e trincas isoladas FC-1	0,2
Fissuras e trincas isoladas FC-2	0,5
Fissuras e trincas isoladas FC-3	0,8
Afundamento Plástico ou de Consolidação	0,9
Ondulação, Panela ou Escorregamento	1,0
Exsudação	0,5
Desgaste	0,3
Remendo	0,6

Fonte: Adaptado de DNIT (2003)

O Índice de Gravidade Global – IGG de cada trecho homogêneo avaliado é obtido através da Equação 4 a seguir.

$$IGG = \sum IGI \quad (4)$$

Onde:

- $\sum IGI$ = Somatória dos Índices de Gravidade Individuais, calculados de acordo com a equação II. O Índice de Gravidade Global deve ser calculado para cada trecho homogêneo.

A tabela 17 a seguir, presente na norma 006/2003 do DNIT, serve de referência para classificar e conceituar a qualidade do pavimento flexível com base no valor resultante do IGG calculado conforme fórmula apresentada acima.

Tabela 17 – Conceitos de degradação do pavimento em função do IGG

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

Fonte: DNIT (2003)

2.3 A PESAGEM DE VEÍCULOS NO BRASIL

A maioria dos estudos existentes na área de pesagem de veículos demonstra que o excesso de carga por eixo é uma das principais causas da deterioração acelerada de pavimentos rodoviários. No Brasil, há um número muito grande de transportadores trafegando acima dos limites de peso estabelecidos em Lei, que, apesar de na maioria das vezes terem conhecimento do grave efeito causado ao desempenho e à durabilidade do pavimento, o fazem em busca de vantagens particulares.

Nos últimos anos, as pesquisas em desenvolvimento de tecnologias voltadas ao combate da prática do excesso de peso avançaram consideravelmente no mundo inteiro, porém, devido à existência de algumas barreiras técnicas e legais, a pesagem de veículos através de Postos de Pesagem implantados em pontos estratégicos da malha rodoviária ainda apresenta-se como uma das melhores soluções para a preservação do pavimento deteriorado em virtude dos excessos de carga cometidos pelos veículos comerciais no Brasil.

2.3.1 A HISTÓRIA DA PESAGEM NO BRASIL

Na década de 50, com a chegada da indústria automobilística e a decisão de construir a nova capital no interior do país, o governo passou a investir amplamente no desenvolvimento da malha viária brasileira.

Um dos marcos tecnológicos daquela época foi o desenvolvimento do Método de Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR, que considerava a ação repetida de uma carga padrão, por tipo de eixo, na estrutura do pavimento.

Na década de 60 criou-se a Lei da Balança, que tinha o objetivo de impor disciplina, limitando os pesos máximos por eixo dos veículos, validando, portanto, aquele método desenvolvido pelo IPR. O controle de peso era realizado através de equipamentos de pesagem estática do tipo plataforma.

No ano de 1975, o então Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNER iniciou o desenvolvimento do Plano Diretor de Pesagem, que apresentava como principal característica o emprego de equipamentos de pesagem dinâmica nos Postos de Pesagem de Veículos – PPV's.

O primeiro PPV a funcionar com esta nova tecnologia foi no Estado do Paraná, na rodovia federal BR-277/PR, município de Quitandinha, que iniciou suas atividades em 1979. A partir daí outros postos foram implantados.

Ao longo dos anos, as pesquisas sobre o excesso de peso foram se aprofundando e demonstrando cada vez mais a importância da fiscalização como principal medida para manter as condições de segurança, conforto e economia aos usuários da rodovia, além de garantir a preservação do patrimônio público por meio da manutenção das condições funcionais e estruturais dos pavimentos.

Diante disso, o DNIT, em conjunto com o Centro de Excelência em Engenharia de Transportes – CENTRAN, criou o Plano Nacional de Pesagem – PNP. Esse Plano veio ao encontro das necessidades imperiosas de se implementar e ampliar com maior eficiência e eficácia a sistemática de pesagem dos veículos de carga e coletivos.

A ideia inicial do PNP era manter em operação 148 Postos de Pesagem Fixos e 72 Postos de Pesagem Móveis, totalizando 220 Postos. Após algumas adequações, o PNP foi dividido em duas etapas. Na primeira etapa, o DNIT promoveu a contratação de empresas para operação de 78 PPV's, sendo 45 fixos e 33 móveis. Estes Postos de Pesagem operaram até meados de 2014.

Na sequência, a segunda etapa do PNP foi cancelada pelo DNIT em virtude de uma auditoria realizada pela Controladoria Geral da União – CGU, por meio da qual apontou vícios originários insanáveis possíveis de trazer risco à Administração Pública. Diante disso, o DNIT promoveu uma série de tratativas para realizar a revisão do PNP, pois havia o entendimento de que o modelo de fiscalização em operação poderia ser melhorado em termos de conceito.

A partir deste momento, o DNIT passou então a trabalhar com o apoio do Laboratório de Transportes e Logística – LABTRANS da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC em uma nova modelagem de pesagem de veículos de carga, dando início ao denominado Novo Plano Nacional de Pesagem.

Uma das principais atividades deste Novo Plano foi reavaliar a modelagem de localização dos Postos de Pesagem, tendo como princípio básico implantar estes postos bem próximos à região geradora de carga, de forma a minimizar o impacto na infraestrutura, causado pelo excesso de peso.

O novo modelo desenvolvido pelo DNIT resultou nos Postos Integrados Automatizados de Fiscalização – PIAF, idealizados para automatizar todos os processos que pudessem ser automatizados, com o intuito de reduzir ainda mais o tempo de parada dos veículos e eliminar a possibilidade de corrupção; além de integrar por meio da execução de tarefas afins os principais órgãos que atuam no segmento de transportes dos país.

Neste sentido, uma das principais mudanças no novo modelo se definiu pela possibilidade de os postos de pesagem operarem sem a presença física de agentes da autoridade de trânsito, passando estes a desenvolver esta e outras atividades a partir de um Centro de Controle Operacional – CCO.

Com intuito de viabilizar este modelo automatizado de fiscalização, o DNIT, em parceria com o Departamento de Estradas e Rodagens – DER do Estado de São Paulo, apresentou proposta para regulamentar o Código de Trânsito Brasileiro – CTB, e, em consequência, foi publicada a Resolução nº 459, de 29 de outubro de 2013, que dispõe sobre o uso de sistemas automatizados integrados para a aferição do peso e dimensões de veículos com dispensa da presença física da autoridade de trânsito ou de seu agente no local da aferição.

Por fim, deve-se ressaltar que o DNIT pretende implantar gradativamente cerca de 126 PIAF's, sendo 35 apenas na primeira etapa, porém, em virtude da desativação dos Postos de Pesagem de Veículos - PPV, desde julho de 2014 inexistiu fiscalização continuada por meio de equipamentos de pesagem dinâmica em mais de 50 mil km de rodovias pavimentadas sob administração do DNIT.

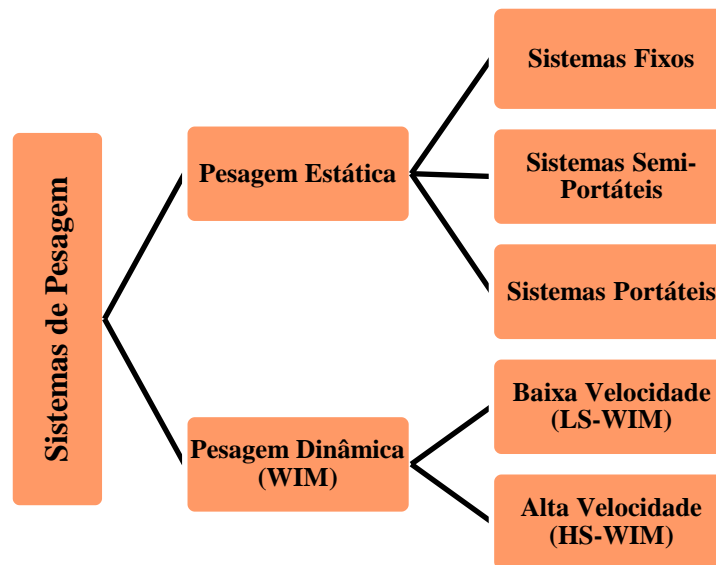
2.3.2 OS SISTEMAS DE PESAGEM DE VEÍCULOS COMERCIAIS

Existem dois tipos de sistemas de pesagem de veículos: o estático e o dinâmico. Nos postos de pesagem estática, como o próprio nome já diz, os veículos com indicativos de excesso de peso são desviados para uma balança de precisão onde ficam complementemente imóveis sobre elas. Na pesagem dinâmica, também conhecida por *Weigh In Motion* (WIM), o peso é aferido com os veículos em movimento. Este sistema de pesagem cresceu bastante nos últimos anos como tentativa de aumentar o desempenho e a precisão no controle de peso, bem como reduzir os custos da pesagem de veículos. (ALBANO; LINDAU, 2016)

Segundo Brito et al. (2014), atualmente no Brasil, a pesagem de veículos comerciais pode ocorrer de duas maneiras distintas: na primeira, todos os veículos devem ser direcionados ao posto de pesagem fixa ou móvel para aferição de seu peso; na segunda, existe uma pré-seleção em que apenas os veículos potencialmente infratores devem ser direcionados ao posto de pesagem estática ou de baixa velocidade para averiguar a ocorrência de infração.

A figura 16 a seguir apresenta um esquema gráfico dos sistemas de pesagem existentes e as suas principais subdivisões:

Figura 16 – Sistemas de Pesagem de Veículos



Fonte: Brito et al. (2014)

De acordo com Albano e Lindau (2016), a pesagem dinâmica em operações de fiscalização do excesso de peso se sobressai frente à pesagem estática por uma série de fatores, tais como:

- Agilidade no processo de controle de peso e dimensões dos veículos, evitando a formação de longas filas nas proximidades dos Postos de Pesagem;
- Propriedade de realizar a medição tanto do Peso Bruto Total como do peso por eixo com o veículo em movimento;
- Permite o ganho de tempo de usuários que trafegam dentro dos limites de peso estabelecidos em Lei;
- Realiza o levantamento de dados estatísticos diários e mensais de todos os veículos de carga que passam pelo Posto de Pesagem.

2.3.3 A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA APLICADA AO EXCESSO DE PESO

O Artigo 99 do Código de Trânsito Brasileiro – CTB (1997) determina que apenas os veículos que atendam os limites de peso estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN podem circular pelas vias terrestres do país, e que o excesso de peso deve ser verificado por meio de documento fiscal ou através de equipamento de pesagem, fixo ou móvel, desde que aferido pelo órgão ou entidade de metrologia legal.

Atualmente, o CONTRAN regulamenta os limites de peso dos veículos de que trata o Art 99 do CTB através da Resolução nº 210/2006. As tabelas 18 e 19 a seguir apresentam as principais informações contidas nesta resolução sobre os limites permitidos de Peso Bruto Total – PBT, Peso Bruto Total Combinado – PBTC e Peso por Eixo ou Conjunto de Eixos.

Tabela 18 – Limites de Peso (PBT e PBTC)

TIPO DE VEÍCULO	PBT/PBTC (t)
Veículo não articulado	29
Veículos com reboque ou semirreboque, exceto caminhões	39,5
Combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semirreboque, e comprimento inferior a 16m	45
Combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semirreboque com eixos em tandem triplo, e comprimento igual ou superior a 16m	48,5
Combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semirreboque com eixos distanciados, e comprimento igual ou superior a 16m	53
Combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão e reboque, e comprimento inferior a 17,5m	45
Combinações de veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão e reboque, e comprimento igual ou superior a 17,5m	57
Combinações de veículos articulados com mais de duas unidades e comprimento inferior a 17,5m	45
Combinações de veículos articulados com mais de duas unidades e comprimento entre 17,5m e 19,8m	57

Fonte: Adaptado de CONTRAN (2006)

Tabela 19 – Limites de Peso (Eixo e Conjunto de eixo)

TIPO DE VEÍCULO	Peso (t)
Eixo isolado de dois pneumáticos	6
Eixo isolado de quatro pneumáticos	10
Conjunto de dois eixos direcionais, com distância entre eixos de no mínimo 1,20m, dotados de dois pneumáticos cada	12
Conjunto de dois eixos em tandem com distância entre os centros das rodas entre 1,20m e 2,40m	17
Conjunto de dois eixos não em tandem com distância entre os centros das rodas entre 1,20m e 2,40m	15
Conjunto de três eixos em tandem com distância entre os centros das rodas entre 1,20m e 2,40m	25,5
Conjunto de dois eixos, sendo um dotado de quatro pneumáticos e outro de dois pneumáticos interligados por suspensão especial, com distância entre os centros das rodas igual ou inferior a 1,20m	9
Conjunto de dois eixos, sendo um dotado de quatro pneumáticos e outro de dois pneumáticos interligados por suspensão especial, com distância entre os centros das rodas igual entre 1,20m e 2,40m	13,5


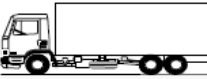
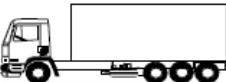






Fonte: Adaptado de CONTRAN (2006)

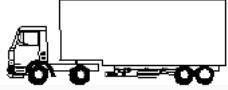
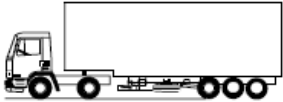
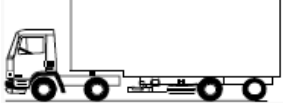

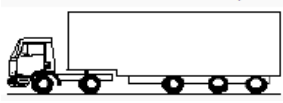
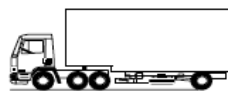

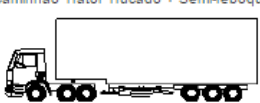

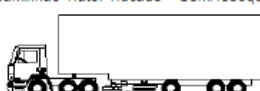
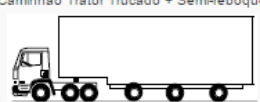
Os veículos utilizados no transporte de carga indivisível que não se enquadram nos limites apresentados acima necessitam de Autorização Especial de Trânsito – AET para trafegarem pelas rodovias. A Resolução nº 211/06 do CONTRAN regulamenta o Art. 101 do CTB, especificando os critérios estabelecidos para circulação das Combinações de Veículos de Carga – CVC que possuem mais de duas unidades, incluída a unidade tratora, com peso bruto total acima de 57t.


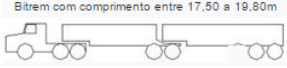

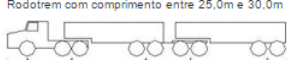

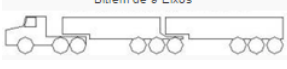
A Resolução nº 526/15 do CONTRAN altera os Artigos 5º e 9º da Resolução nº 258/07 do CONTRAN sobre as tolerâncias de excesso de peso permitidas. Através dela, admite-se uma tolerância de 5% sobre os limites de pesos regulamentares para o PBT e PBTC, de 10% sobre os limites de pesos regulamentares por eixo de veículos, e de 12,5% sobre os limites de peso por eixo ou conjunto de eixos para que o veículo possa prosseguir viagem sem necessidade de remanejamento ou transbordo de carga.

A tabela 20 a seguir apresenta as principais configurações de veículos utilizados no transporte de carga no país, contendo informações básicas sobre os limites de PBT, PBTC e peso por eixo ou conjunto de eixos, conforme determinam as resoluções citadas acima.

Tabela 20 – Principais Configurações de Veículos de Carga Utilizados no País

SILHUETA	CLASSE	PESO POR EIXO	PBT/PBTC	PBT + TOL. (5%)	AET
 <p>Caminhão</p>	2C	6+10	16t	16,8t	Não
 <p>Caminhão Trucado</p>	3C	6+17	23t	24,2t	Não
 <p>Caminhão Simples</p>	4C	6+25,5	31,5t	33,1t	Não
 <p>Caminhão Duplo Direcional Trucado</p>	4CD	6+6+17	29t	30,5t	Não
 <p>Caminhão + Reboque</p>	2C2	6+10+10+10	36t	37,8t	Não
 <p>Caminhão + Reboque</p>	2C3	6+10+10+17	43t	45,2t	Não
 <p>Caminhão Trucado + Reboque</p>	3C3	6+17+10+17	50t	52,5t	Não
 <p>Romeu e Julieta</p>	3D3	6+17+10+17	50t	52,5t	Não
 <p>Caminhão Trator + Semi-reboque</p>	2S1	6+10+10	26t	27,3t	Não

SILHUETA	CLASSE	PESO POR EIXO	PBT/PBTC	PBT + TOL. (5%)	AET
<p>Caminhão Trator + Semi-reboque</p> 	2S2	6+10+17	33t	34,7t	Não
<p>Caminhão Trator + Semi-reboque</p> 	2S3	6+10+25,5	41,5t	43,6t	Não
<p>Caminhão Trator + Semi-reboque</p> 	2I2	6+10+10+10	36t	37,8t	Não
<p>Caminhão Trator + Semi-reboque</p> 	2J3	6+10+10+17	43t	45,2t	Não
<p>Caminhão Trator + Semi-reboque</p> 	2I3	6+10+10+10 +10	46t	48,3t	Não
<p>Caminhão Trator Trucado + Semi-reboque</p> 	3S1	6+17+10	33t	34,7t	Não
<p>Caminhão Trator Trucado + Semi-reboque</p> 	3S2	6+17+17	40t	42t	Não
<p>Caminhão Trator Trucado + Semi-reboque</p> 	3S3	6+17+25,5	48,5t	50,93t	Não
<p>Caminhão Trator Trucado + Semi-reboque</p> 	3I2	6+17+10+10	43t	45,2t	Não
<p>Caminhão Trator Trucado + Semi-reboque</p> 	3J3	6+17+10+17	50t	52,5t	Não
<p>Caminhão Trator Trucado + Semi-reboque</p> 	3I3	6+17+10+10 +10	53t	55,65t	Não

SILHUETA	CLASSE	PESO POR EIXO	PBT/PBTC	PBT + TOL. (5%)	AET
	3Q4	6+17+10+10 +10+10	63t	66,2t	Sim
	3T4	6+17+17+17	57t	59,9t	Não
	3T4	6+17+17+17	57t	59,9t	Sim
	3T6	6+17+17+17 +17	74t	77t	Sim
	3T6	6+17+17+17 +17	74t	77t	Sim
	3M6	6+17+25,5+ 25,5	74t	77t	Sim

Fonte: Adaptado de Guia do TRC (2016)

3 MÉTODOS APLICADOS NA PESQUISA

Para realização deste trabalho, buscou-se junto ao DNIT os dados de pesagem de veículos comerciais (carga e passageiros) recolhidos através do Posto de Pesagem de Veículos – PPV 12.01, localizado no Km 12, sentido crescente, da rodovia federal BR-020/GO, município de Formosa/GO. Este PPV contém, além da balança de precisão (lenta), uma balança seletiva em sentido contrário ao Posto, que realiza a pré-seleção dos veículos que trafegam no sentido decrescente da rodovia. Devido à ausência de balança seletiva no mesmo sentido do Posto, assim como ocorre em outros PPV's distribuídos pelo país, todos os veículos pesados que trafegam no sentido crescente da rodovia devem ser submetidos à pesagem de precisão. O PPV 12.01 operou efetivamente entre Julho/2008 e julho/2014 e, desde então, seus sistemas de pesagem dinâmica encontram-se desativados. A figuras 17 a seguir caracteriza o Posto de Pesagem deste estudo.

Figura 17 – PPV 12.01



Fonte: Google Maps (2017)

Por efeitos de consistência nos dados levantados e praticidade na análise dos mesmos, utilizou-se os dados de pesagem por eixo dos veículos comerciais que trafegaram no sentido crescente da rodovia em todo mês de janeiro de 2013. Após isso, dividiu-se estes dados em quatro classes de eixos com base no peso máximo permitido de cada uma, conforme se verifica na tabela 21 a seguir.

Tabela 21 – Classes de Peso por Eixo

Classe	Peso Máximo (t)
Eixo Simples Dianteiro (ESD)	6,0
Eixo Simples Traseiro (EST)	10,0
Eixo Tandem Duplo (ETD)	17,0
Eixo Tandem Triplo (ETT)	25,5

Fonte: Adaptado de CONTRAN (2006)

Em seguida, agrupou-se os dados de cada classe em categorias numéricas de 1000 Kg (Ex: 0-1000 Kg, etc...) e identificou-se, inicialmente, o percentual de eixos com excesso de peso que trafegaram no sentido crescente da rodovia federal BR-020/GO durante o mês de janeiro de 2013. Nesta análise, desconsiderou-se a tolerância de 10% para excesso de peso por eixo determinada pela Resolução 526/2015 do CONTRAN por entender que esse aumento pode ser prejudicial ao pavimento em virtude da potencialização do seu desgaste precoce.

Na sequência, expandiu-se os dados de pesagem do mês de janeiro para o ano de 2013 com intuito de identificar o Número N anual por meio da multiplicação entre o quantitativo de ocorrência de eixos e a Agressividade (A) causada pelos eixos ao pavimento. Esta Agressividade foi calculada com base na Lei da Quarta Potência.

Foram criadas duas situações hipotéticas em que o excesso de peso existente nos dados de pesagem foi eliminado através de sua redistribuição entre as categorias numéricas citadas acima. No primeiro cenário hipotético, distribuiu-se todo o excedente na camada limite de excesso de peso para cada classe de eixos (Ex: Para a classe ESD, distribui-se todas as ocorrências de excesso na categoria de 5.000 a 6.000 Kg). No segundo cenário hipotético, distribuiu-se todo o excedente entre as camadas abaixo do limite máximo conforme a participação percentual de cada uma em relação ao quantitativo total que se encontra dentro deste limite de peso.

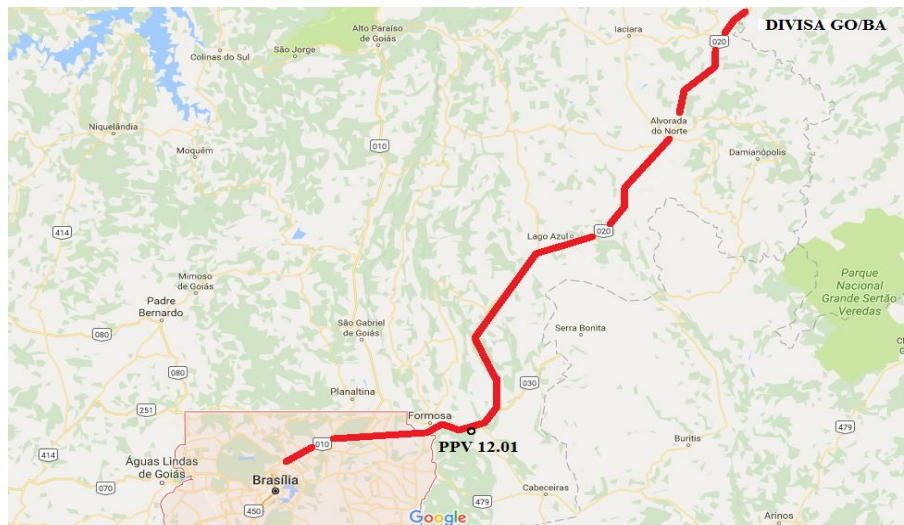
Através da expansão do Número N em um prazo de 10 anos (período de um ciclo de manutenção do pavimento flexível pelo DNIT) e com base no crescimento anual da frota de veículos de 3% (taxa de crescimento conforme projeto de restauração do pavimento da rodovia em análise), identificou-se, após a comparação dos resultados obtidos, a perda em anos da vida útil do pavimento para cada uma das situações hipotéticas apresentadas acima.

Uma das ideias iniciais deste trabalho era demonstrar o dano direto causado ao pavimento em detrimento da ausência de fiscalização do excesso de peso, pois, em virtude de tal fato, espera-se um aumento do percentual de veículos trafegando acima dos limites permitidos de peso, porém, a ausência de levantamento de dados de pesagem no PPV 12.01 após seu fechamento, em julho de 2014, inviabilizou este ponto da pesquisa.

A respeito, verificou-se que o DNIT realiza através de seu Programa Nacional de Contagem de Tráfego – PNCT aferições aproximadas do peso veicular na rodovia estudada, no entanto, até o presente momento, estes dados não haviam sido submetidos ao tratamento adequado no setor responsável.

Na sequência, buscou-se junto ao DNIT um projeto executivo de engenharia para restauração da rodovia federal BR-020/GO-DF. O trecho analisado possui uma extensão de 310,4 Km, sendo 57,9 Km de rodovia duplicada, entre Sobradinho/DF e a Divisa DF/GO, e 252,5 Km de rodovia simples, entre a Divisa DF/GO e a Divisa GO/BA (Figura 18).

Figura 18 – Rodovia Federal BR-020/GO-DF



Fonte: Google Maps (2017)

Através deste projeto verificou-se a metodologia utilizada para levantamento da qualidade do pavimento, as intervenções adotadas para cada situação e o investimento necessário para manter o pavimento da rodovia BR-020/GO-DF por um período de 10 (dez) anos. Com base neste último dado e nas análises descritas acima identificou-se o custo anual para restaurar e manter 100 Km por faixa de pavimento e as respectivas perdas financeiras em detrimento da redução de vida útil do pavimento flexível.

Em seguida, realizou-se uma análise da reativação pretendida pelo DNIT do PPV 12.01 para o ano de 2017, que visa promover, enquanto os PIAF's não ficam aptos para operar efetivamente, a fiscalização do excesso de peso através de sistemas de pesagem dinâmica do tipo fixo na rodovia BR-020/GO.

Nesta etapa, buscou-se junto ao DNIT o levantamento de custos necessários para restaurar e manter a estrutura física do posto, contratar empresa para instalar e manter os equipamentos e sistemas de pesagem, e prover de forma integral equipe especializada para operar o PPV 12.01.

Por fim, analisou-se a importância da fiscalização do excesso de peso por meio de Postos de Pesagem de Veículos no combate à esta prática abusiva acometida pelos veículos comerciais de carga e de passageiros nas rodovias federais brasileiras.

4 RESULTADOS DA PESQUISA

A pesquisa realizada divide-se em três etapas: a primeira etapa aborda o levantamento de dados de pesagem realizado no Posto de Pesagem 12.01 (Formosa/GO); a segunda etapa aborda o estudo do projeto executivo de restauração do pavimento flexível na rodovia federal BR-020/GO-DF, local onde encontra-se instalado, porém desativado, o PPV acima; e a terceira etapa aborda a importância da fiscalização do excesso de peso naquela rodovia através da reativação do referido PPV.

4.1 DADOS DE PESAGEM DO PPV 12.01

Nesta etapa, buscou-se os dados de peso por eixo ou grupo de eixos dos veículos comerciais que trafegaram no sentido crescente (Brasília-Barreiras) da rodovia federal BR-020/GO entre os dias 01 e 31 de janeiro de 2013. Através da balança lenta verificou-se um tráfego de 32.464 veículos neste período, e um total de 140.470 eixos/grupo de eixos. Destes, verificou-se uma quantidade de 32.488 Eixos Simples Dianteiro (ESD), contando entre direcionais e bidirecionais, 14.831 Eixos Simples Traseiro (EST), 32.771 Eixos Tandem Duplo (ETD) e 9.203 Eixos Tandem Triplo (ETT). Verificou-se ainda o tráfego de 39 classes distintas de veículos comerciais, sendo 35 de veículos de carga e 4 de veículos de passageiros. A tabela 22 a seguir apresenta estes dados de maneira mais clara e objetiva.

Tabela 22 – Dados de Pesagem do PPV 12.01 (Jan/2013)

Classe	Bidirecional	ESD	EST	ETD	ETT	Eixo/Grupo de Eixos	Veículos
2C	N	4457	4457	0	0	8914	4457
2C2	N	47	141	0	0	188	47
2C3	N	7	14	7	0	28	7
2CB	N	3495	3495	0	0	6990	3495
2D4	N	3	3	6	0	12	3
2I1	N	9	18	9	0	36	9
2I2	N	222	666	0	0	888	222
2I3	N	59	236	0	0	295	59
2LD	N	8	16	8	0	32	8
2N4	N	1	3	1	0	5	1
2S1	N	119	238	0	0	357	119
2S2	N	1965	1965	1965	0	5895	1965
2S3	N	1512	1512	0	1512	4536	1512
35D	N	4	4	12	0	20	4
3BC	N	2155	0	2155	0	4310	2155
3C	N	6540	0	6540	0	13080	6540
3C2	N	76	152	76	0	304	76
3C3	N	17	17	34	0	68	17
3D4	N	3593	0	10779	0	14372	3593
3D5	N	2	2	6	0	10	2
3DB	S	4	2	0	0	6	2
3DS	N	1	1	3	0	5	1
3I1	N	43	43	86	0	172	43
3I2	N	62	124	62	0	248	62
3I3	N	561	1683	561	0	2805	561
3LD	N	16	16	32	0	64	16
3M5	N	1	3	2	0	6	1
3M6	N	1649	0	1649	3298	6596	1649
3N4	N	3	6	6	0	15	3
3P5	N	40	0	80	40	160	40
3R6	N	282	0	1128	0	1410	282
3S1	N	14	14	14	0	42	14
3S2	N	371	0	742	0	1113	371
3S3	N	4303	0	4303	4303	12909	4303
3T4	N	631	0	1893	0	2524	631
3T6	N	122	0	488	0	610	122
3V5	N	50	0	100	50	200	50
44D	S	2	0	3	0	5	1
4DB	S	42	0	21	0	63	21
SOMA TOTAL		32488	14831	32771	9203	89293	32464

Fonte: Autor (2017)

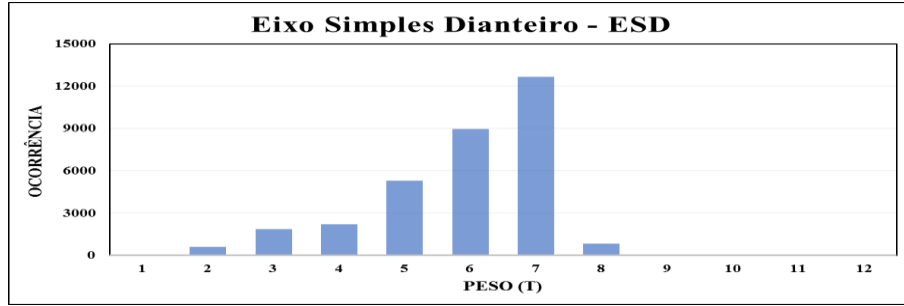
Na sequência, dividiu-se os dados de peso por eixo ou grupo de eixos em categorias numéricas de 1000 Kg. A tabela 23 e as figuras 19, 20, 21 e 22 a seguir representam a distribuição de todos os pesos aferidos por tipo de eixo em suas respectivas categorias.

Tabela 23 – Distribuição das ocorrências conforme a carga aferida

OCORRÊNCIA				
CARGA	ESD	EST	ETD	ETT
1000	1	52	0	0
2000	593	145	2	0
3000	1851	966	5	0
4000	2213	1304	20	0
5000	5284	1324	128	0
6000	8967	1230	997	8
7000	12661	1105	1358	33
8000	806	1544	1034	26
9000	33	1898	562	11
10000	2	2226	475	32
11000	31	1947	763	46
12000	46	976	1023	61
13000	0	86	1167	63
14000	0	18	1325	57
15000	0	8	1263	79
16000	0	2	2828	81
17000	0	0	8401	89
18000	0	0	7737	87
19000	0	0	2803	103
20000	0	0	692	153
21000	0	0	121	237
22000	0	0	34	363
23000	0	0	12	708
24000	0	0	7	1233
25000	0	0	7	1827
25500	0	0	2	980
26000	0	0	1	949
27000	0	0	3	1248
28000	0	0	1	518
29000	0	0	0	162
30000	0	0	0	34
31000	0	0	0	10
32000	0	0	0	2
33000	0	0	0	1
34000	0	0	0	1
35000	0	0	0	1
TOTAL	32488	14831	32771	9203

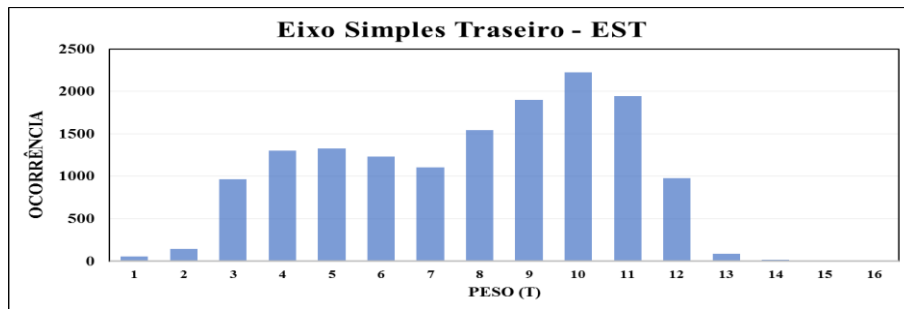
Fonte: Autor (2017)

Figura 19 – Distribuição dos ESD por peso (t)



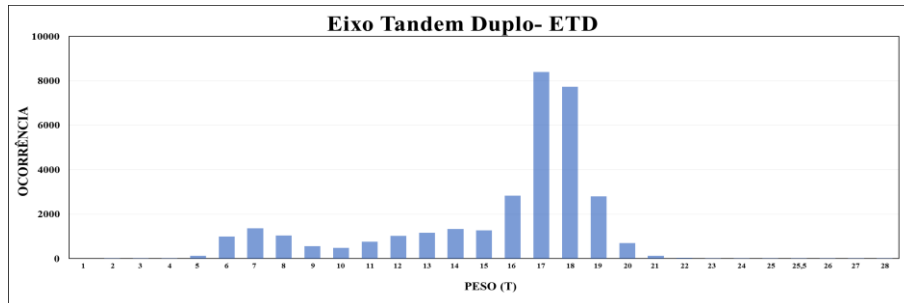
Fonte: Autor (2017)

Figura 20 – Distribuição dos EST por peso (t)



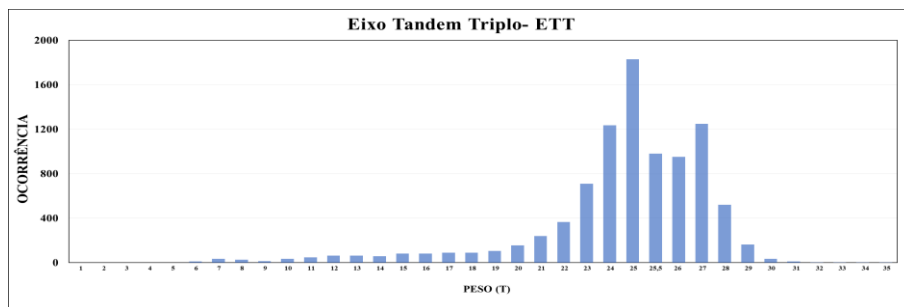
Fonte: Autor (2017)

Figura 21 – Distribuição dos ETD por peso (t)



Fonte: Autor (2017)

Figura 22 – Distribuição dos ETT por peso (t)



Fonte: Autor (2017)

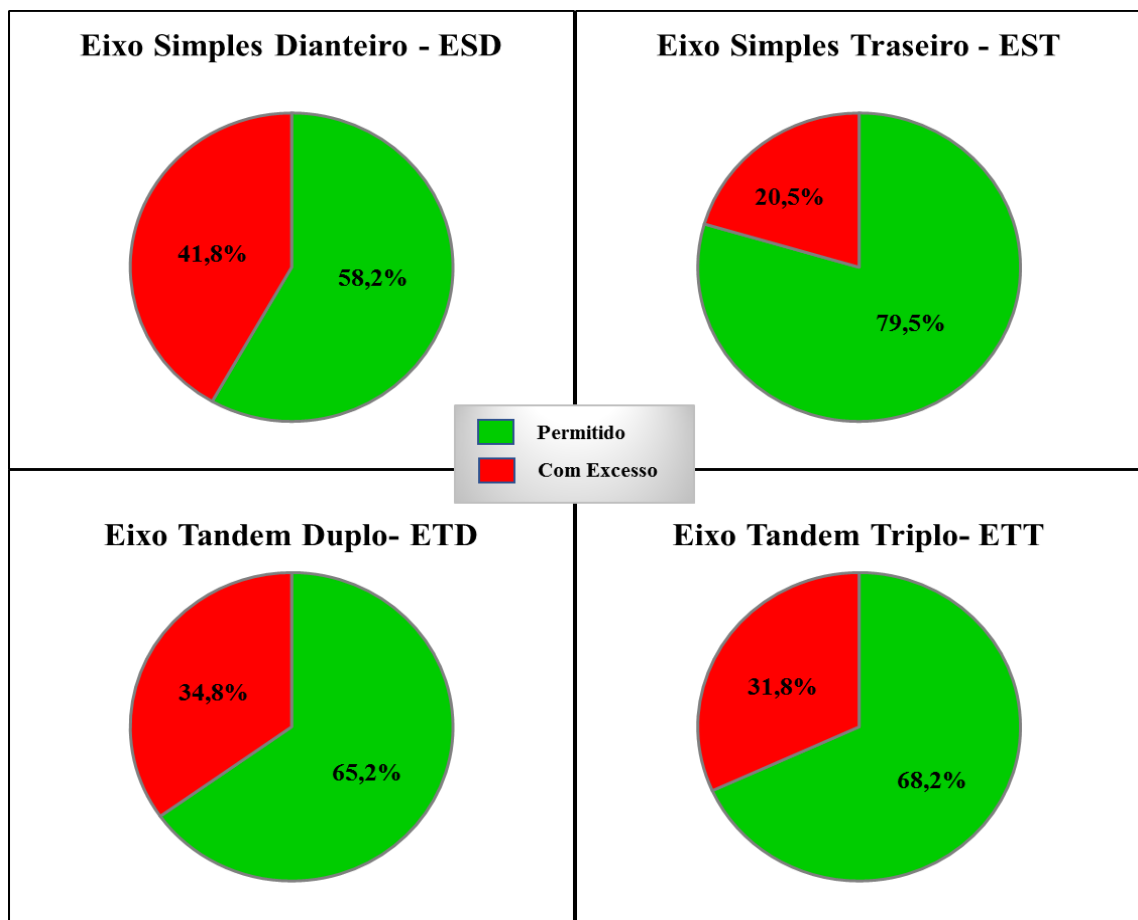
Com base nos dados acima e nos limites presentes na Tabela 19, realizou-se o levantamento do quantitativo de eixos/grupo de eixos que excederam o limite de peso permitido, bem como o percentual em relação ao total por cada classe considerada. A tabela 24 e a figura 23 a seguir apresentam o resultado encontrado.

Tabela 24 – Quantitativo de Eixos/Grupo de Eixos com Excesso de Peso

Classe	Permitido	Excesso	Total
ESD	18.909	13.579	32.488
EST	11.794	3.037	14.831
ETD	21.351	11.420	32.771
ETT	6.277	2.926	9.203
Total	58.331	30.962	89.293

Fonte: Autor (2017)

Figura 23 – Percentual de Eixos/Grupo de Eixos com Excesso de Peso



Fonte: Autor (2017)

Em análise aos dados de pesagem levantados no mês de janeiro de 2013 no PPV 12.01, verifica-se um grande número de veículos trafegando com excesso de peso por eixo ou grupo de eixos no sentido crescente da rodovia federal BR-020/GO-DF. Verifica-se que, de um total de 89.293 eixos/grupo de eixos, 30.962 apresentaram algum tipo de excesso de peso, ou seja, cerca de 35%. Dentre as quatro classes de eixos, a classe de Eixos Simples Dianteiros – ESD foi a que obteve um maior percentual de excesso de peso, com aproximadamente 42% e a classe de Eixos Simples Traseiros – EST a que apresentou um menor percentual, com cerca de 20%. As classes de Eixo Tandem Duplo – ETD e Eixo Tandem Triplo – ETT apresentaram, respectivamente, 35% e 32% de grupo de eixos com excesso de peso.

Na sequência, expandiu-se as ocorrências apontadas na Tabela 23 do mês de janeiro para o ano de 2013, multiplicou-se cada valor por sua respectiva Agressividade (A), calculada a partir da Lei da Quarta Potência, e obteve-se o Número N de cada classe de Eixos/Grupo de Eixos para a situação real e para cada um dos cenários hipotéticos apresentadas no capítulo anterior. A Tabela 25 abaixo demonstra o resultado final encontrado.

Tabela 25 – Numero N (2013)

Classe	Real	Cenário 01	Cenário 02
ESD	1,35E+05	8,82+04	7,14E+04
EST	2,63E+05	2,04+05	1,55E+05
ETD	6,41E+06	5,41E+06	4,42E+06
ETT	9,31E+06	8,42E+06	7,54E+06
Total	1,61E+07	1,41E+07	1,22E+07

Fonte: Autor (2017)

Os dois cenários hipotéticos acima visam eliminar o excesso de peso por eixo de todos os veículos considerados na pesquisa. O cenário 01 representa a distribuição de todos os eixos/grupo de eixos com excesso de peso apenas na última categoria de carga dentro dos limites de peso. Exemplo: para os Eixos Simples Dianteiros – ESD considerou-se todos os eixos com excesso na categoria de 6.000 Kg, visto que esse é o peso máximo permitido. No cenário 02, distribui-se igualmente todos os eixos/grupo de eixos com excesso de peso nas categorias de carga dentro dos limites de peso com base na representatividade percentual de cada categoria. Exemplo: para os Eixos Simples Traseiros – EST distribui-se os eixos com excesso de peso percentualmente entre as categorias de 1.000 Kg e 10.000 Kg.

Em seguida, considerou-se, tanto para a situação real de tráfego como para os dois cenários da pesquisa, um crescimento anual do VMDa, referente aos veículos comerciais de carga e passageiros, de 3% por um período de 10 anos, conforme valores adotados em projeto de restauração e manutenção do pavimento flexível da rodovia BR-020/GO-DF. Diante disso, calculou-se os esforços aplicados ao pavimento através da expansão do Número N entre os anos de 2017 e 2026, bem como o respectivo Número N acumulado de cada ano. A Tabela 26 a seguir apresenta os resultados obtidos.

Tabela 26 – Esforços aplicados ao pavimento em um período de 10 anos

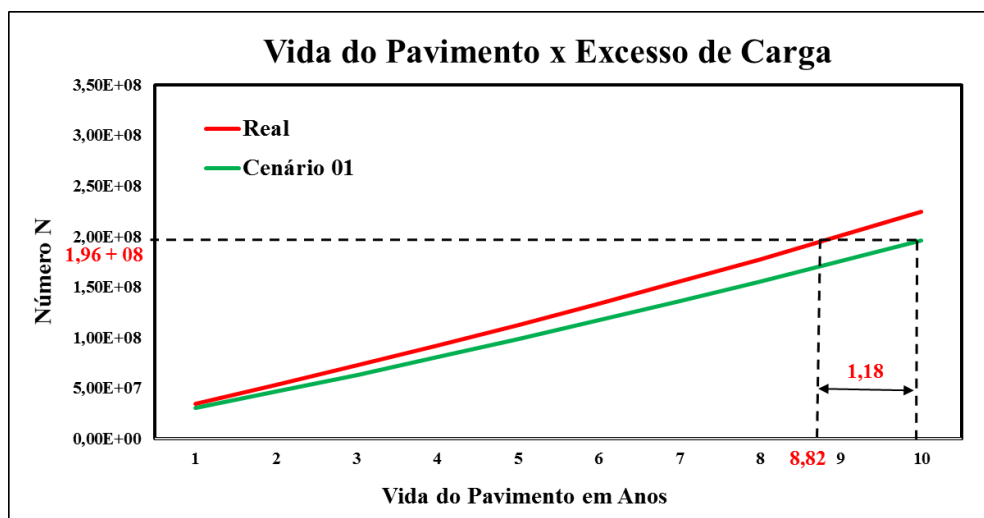
ANO	REAL		CENÁRIO 01		CENÁRIO 02		
	N Anual	N Acumulado	N Anual	N Acumulado	N Anual	N Acumulado	
0	2013	1,61E+07	1,61E+07	1,41E+07	1,41E+07	1,22E+07	1,22E+07
1	2017	1,82E+07	3,43E+07	1,59E+07	3,00E+07	1,37E+07	2,59E+07
2	2018	1,87E+07	5,30E+07	1,64E+07	4,64E+07	1,41E+07	4,00E+07
3	2019	1,93E+07	7,22E+07	1,69E+07	6,33E+07	1,45E+07	5,46E+07
4	2020	1,98E+07	9,21E+07	1,74E+07	8,06E+07	1,50E+07	6,95E+07
5	2021	2,04E+07	1,12E+08	1,79E+07	9,85E+07	1,54E+07	8,50E+07
6	2022	2,10E+07	1,34E+08	1,84E+07	1,17E+08	1,59E+07	1,01E+08
7	2023	2,17E+07	1,55E+08	1,90E+07	1,36E+08	1,64E+07	1,17E+08
8	2024	2,23E+07	1,78E+08	1,96E+07	1,56E+08	1,69E+07	1,34E+08
9	2025	2,30E+07	2,01E+08	2,01E+07	1,76E+08	1,74E+07	1,51E+08
10	2026	2,37E+07	2,24E+08	2,07E+07	1,96E+08	1,79E+07	1,69E+08

Fonte: Autor (2017)

Em análise aos dados acima, verifica-se que a situação real implica ao pavimento flexível um esforço de 2,24E+08 de eixos padrões acumulados ao final do período de 10 anos, que o cenário 01 fornece ao pavimento um esforço de 1,96E+08 de eixos padrões acumulados e que o cenário 02 apenas 1,69E+08 de eixos padrões acumulados. Ou seja, há uma redução considerável de esforços entre a situação real de tráfego e os dois cenários considerados na pesquisa, principalmente em relação ao cenário 02, onde no décimo ano a diferença acumulada chega a 5,48E+07 de eixos padrões de 8,2 tf.

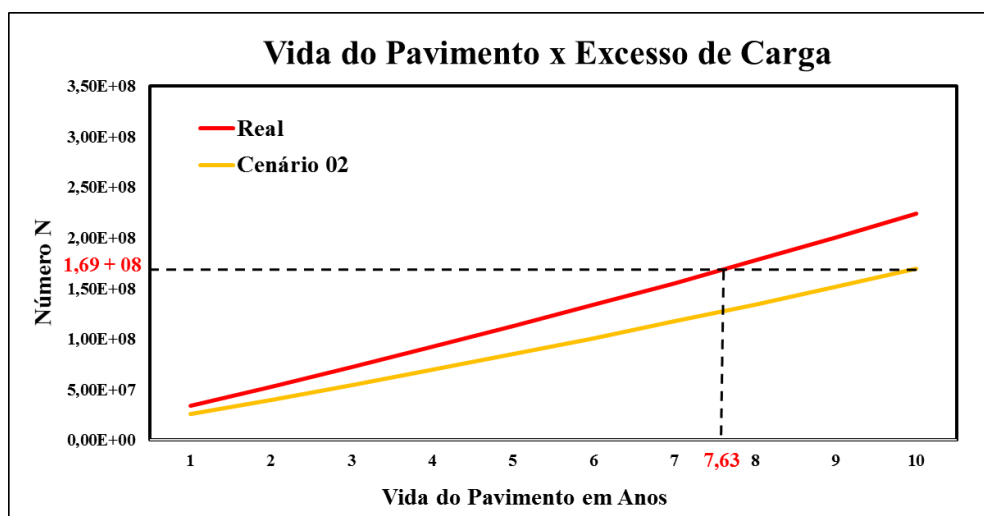
A partir do resultado apresentado na Tabela 26 acima, identificou-se a perda de vida útil do pavimento para cada um dos dois cenários hipotéticos estudados. Para efeitos práticos, inverteu-se a lógica normalmente utilizada para identificar o dano ao pavimento através da Lei da Quarta Potência, e considerou-se os esforços acumulados ao final do décimo ano de cada um dos cenários propostos como sendo os valores limites de projeto, e pelo acréscimo encontrado na situação real de tráfego, identificou-se a perda de vida útil nos dois cenários hipotéticos. Os gráficos representados através das figuras 24 e 25 a seguir demonstram os resultados obtidos para os dois cenários.

Figura 24 – Perda de Vida Útil do Pavimento Flexível (Cenário 01)



Fonte: Autor (2017)

Figura 25 – Perda de Vida Útil do Pavimento Flexível (Cenário 02)



Fonte: Autor (2017)

Os gráficos acima deixam evidente a perda considerável de vida útil do pavimento flexível na rodovia federal BR-020/GO-DF. No primeiro caso, houve uma redução de 10 para 8,82 anos, ou seja, uma perda de 1,18 anos de vida útil do pavimento. No segundo caso, houve uma redução de 10 para 7,63 anos, ou seja, uma perda de 2,37 anos de vida útil do pavimento.

Deve-se ressaltar que esta redução da vida útil do pavimento, causada pelo excesso de peso veicular, implica em enormes prejuízos financeiros aos cofres públicos, visto que o orçamento destinado para manter o pavimento na rodovia federal BR-020/GO-DF será continuamente insuficiente.

4.2 RECURSOS APLICADOS PARA RESTAURAR E MANTER O PAVIMENTO DA RODOVIA BR-020/GO-DF

Na análise realizada nesta etapa, buscou-se junto ao DNIT o orçamento final presente no projeto executivo de engenharia para restauração da rodovia federal BR-020/GO-DF para verificação dos custos necessários para restaurar e manter o pavimento desta rodovia por um período de 10 anos. Através dele, foi possível identificar o montante destinado para promover um pavimento flexível com qualidade, capaz de proporcionar conforto e segurança aos usuários da rodovia. A tabela 27 a seguir apresenta o resumo do referido orçamento.

Tabela 27 – Resumo do Orçamento

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	VALOR TOTAL
01	Terraplenagem	R\$ 4.558.831,97
02	Drenagem e Obras de Artes Correntes	R\$ 7.760.667,15
03	Pavimentação	R\$ 136.538.289,75
04	Sinalização	R\$ 6.435.893,63
05	Obras Complementares	R\$ 9.993.894,39
06	Meio Ambiente	R\$ 578.460,19
07	Instalação e Manutenção de Canteiros de Obras e Acampamentos	R\$ 2.346.620,27
08	Mobilização e Desmobilização	R\$ 113.657,01
	Subtotal do Orçamento	R\$ 168.326.314,36
09	Serviços de Manutenção / Conservação dos 5 anos	8.736.323,35
	Total do Orçamento	R\$ 177.062.637, 71

Fonte: DNIT (2012)

Para chegar aos valores de projeto referentes ao pavimento, a equipe responsável dividiu o trecho em segmentos homogêneos, realizou levantamento das deflexões através do uso de equipamentos e *softwares* adequados, determinou as intervenções necessárias com base em normas e procedimentos do DNIT e, por fim, elaborou a planilha orçamentária utilizando a tabela SICRO2 de referência e Data-Base de março de 2012.

Na sequência, retirou-se da planilha orçamentária apenas os itens relacionados à restauração do pavimento, tais como: pavimentação, instalação e manutenção de canteiros de obras e acampamentos, mobilização e desmobilização, e serviços de manutenção e conservação dos 5 anos. Em cima destes itens realizou-se a pesquisa para encontrar o valor unitário em R\$/Km/faixa gasto para restaurar e manter o pavimento em toda extensão da rodovia BR-020/GO-DF.

Entre as intervenções consideradas no item pavimentação, destacam-se a fresagem contínua e descontínua do revestimento existente, reparo profundo, remoção do revestimento existente e da camada granular, regularização do subleito, além da execução de base e sub-base estabilizadas, pintura de ligação e imprimação, e Concreto Betuminoso Usinado a Quente e pré-misturado a frio. Estes serviços custaram ao todo, tendo março de 2012 como data-base e uma durabilidade de 10 anos, um montante de R\$ 136.538.289,75.

A respeito do item serviços de manutenção/conservação dos 5 anos, considerou-se os custos com reparos localizados e remendos profundos, bem como os custos necessários para aquisição e transporte de emulsão asfáltica, cimento asfáltico e asfalto diluído. Estes serviços custaram ao todo, tendo março de 2012 como data base e uma duração de 05 anos, um montante de R\$ 1.385.755,27.

Para obter os custos referentes aos itens instalação e manutenção de canteiros de obras e acampamentos, e mobilização e desmobilização, considerou-se o valor percentual (5) resultante do seguinte cálculo:

$$V (\%) = \frac{(136.538.289,75 + 1.385.755,27)}{(177.062.637,71 - 2.346.620,27 - 113.657,01)} \quad (5)$$

$V (\%) = 79 \%$

Este valor percentual acima representa a relação entre os custos destinados à pavimentação e manutenção/conservação do pavimento, e o valor total do orçamento, excluídos a instalação e manutenção de canteiros de obras e acampamentos, além da mobilização e desmobilização.

Em seguida, multiplicou-se a somatória entre estes dois itens pelo valor de 79 % encontrado através da equação 5, e obteve-se um resultado de R\$ 1.943.619,05, tendo março de 2012 com data-base e uma duração de 05 anos. A equação 6 a seguir evidencia a execução deste cálculo e a obtenção do referido Resultado (R).

$$R = (2.346.620,27 + 113.657,01) * 79\% \quad (6)$$

R = R\$ 1.943.619,05

A tabela 28 a seguir apresenta o investimento anual devidamente corrigido pelos índices de reajustamento do DNIT para o Ano de 2017, e necessário para cobrir os custos decorrentes da restauração e manutenção do pavimento na rodovia federal BR-020/GO-DF pelo período estipulado em projeto.

Tabela 28 – Custo Anual para Restaurar e Manter o Pavimento na BR-020/GO-DF

Item	Serviço	Valor Total (R\$)	Período (anos)	Valor Anual 2012 (R\$)	Reajustamento	Valor Anual 2017 (R\$)
01	Pavimentação	136.538.289,75	10	13.653.828,97	1,33	18.159.592,53
02	Manutenção / Conservação	1.385.755,27	5	277.151,05	1,27	351.981,83
03	Canteiro de Obras e Mob. / Desmob.	1.943.619,05	5	388.723,81	1,35	524.777,14
TOTAL				14.319.703,83	-	19.036.351,50

Fonte: Adaptado de DNIT (2012)

Diante da tabela exposta acima, verifica-se que o custo anual para restaurar e manter o pavimento da rodovia federal BR-020/GO-DF, tendo como base o ano de 2017, chega a pouco mais de 19 milhões de reais. A seguir, buscou-se trabalhar esse dado para encontrar o custo anual para restaurar e manter uma extensão de 100 Km por faixa de rodovia, incluso acostamento, com vistas a verificar a perda causada pelo excesso de peso.

A rodovia estudada possui um trecho duplicado com 57,9 Km de extensão e um trecho simples com 252,5 Km de extensão. Assim, devemos estratificar a rodovia em 04 faixas de 57,9 Km e 02 faixas de 252,5 Km, ou seja, uma única grande faixa com extensão total (E) de 736,6 Km. A equação 7 a seguir demonstra o resultado encontrado.

$$E = (4 * 57,9) + (2 * 252,5) \quad (7)$$

$E = 736,6 \text{ Km}$

Diante dos dados apresentados neste capítulo, podemos concluir que o custo anual (C) para restaurar e manter 100 Km de faixa da rodovia BR-020/GO-DF, tendo como referência o ano de 2017, gira em torno de 2,5 milhões de reais. A equação 8 a seguir apresenta este cálculo.

$$C = \frac{19.036.351,50 * 100}{736,6} \quad (8)$$

$C = \text{R\$ } 2.584.354,00$

Além do mais, entende-se que este custo calculado acima representa o prejuízo financeiro gerado diretamente aos cofres públicos para cada ano reduzido da vida útil do pavimento na rodovia federal BR-020/GO-DF em decorrência da prática constante e abusiva do tráfego de veículos comerciais sobrecarregados.

4.3 A RETOMADA DA FISCALIZAÇÃO DO EXCESSO DE PESO NO PPV 12.01

O Posto de Pesagem de Veículos - PPV 12.01, localizado na rodovia BR-020/GO, município de Formosa/GO, operou efetivamente via equipamentos e sistemas de pesagem dinâmica até meados de 2014, quando uma Ação Civil do Ministério Público do Trabalho condenou a execução das atividades primárias no Posto por empresas terceirizadas, assim como era realizado à época. Em virtude disso, e de outros fatores externos ao DNIT, o referido PPV permaneceu fechado desde então, acarretando em diversos problemas de ordem técnica e financeira.

A ausência de fiscalização do excesso de peso naquela rodovia, além de incentivar a ocorrência ilegal desta prática, promove direta ou indiretamente a concorrência desonesta no comércio de transporte de cargas e passageiros, o aumento do número e da severidade de acidentes, o surgimento ou agravamento de congestionamentos em trechos urbanos e de geometria montanhosa, e o crescimento acelerado da deterioração no pavimento flexível rodoviário.

Com objetivo de combater estes problemas nas principais rodovias do país, o DNIT, através do apoio do Laboratório de Transportes e Logística – LABTRANS da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, elaborou um novo modelo de fiscalização de excesso de peso nas rodovias, que visa automatizar esta fiscalização, agilizando todo o processo de aferição e beneficiando aos transportadores que trafegam dentro dos limites de peso estabelecidos em lei.

Este novo modelo de fiscalização prevê a construção e operação em uma primeira etapa de 35 Postos Integrados Automatizados de Fiscalização – PIAF's e de mais 27 PIAF's em uma segunda etapa, além da construção de um Centro de Controle Operacional – CCO para realizar o gerenciamento dos dados coletados nestes Postos.

Dentre os PIAF's previstos para a segunda etapa, há um a ser implantado na rodovia BR-020/GO, sentido crescente (Brasília-Barreiras), de forma a substituir o PPV 12.01 e absorver todo o tráfego por ele fiscalizado. No entanto, até que este PIAF esteja apto para operar efetivamente, o mesmo ainda deverá ser licitado e construído, o que deverá levar ainda algum tempo para que isso ocorra.

Neste sentido, o DNIT pretende reativar o referido Posto de Pesagem durante um período mínimo de 30 (trinta) meses, de modo a atenuar as ocorrências de sobrepeso na rodovia BR-020/GO-DF.

4.3.1 ASPECTOS INERENTES À REATIVAÇÃO DO PPV 12.01

A reativação do Posto de Pesagem 12.01 pelo DNIT exige a integração de uma série de fatores, de ordem legal, técnica e operacional, sendo necessária, portanto, uma análise mais detalhada acerca destes aspectos dos quais dependem uma fiscalização adequada e eficiente através de equipamentos de pesagem dinâmica.

4.3.1.1 ASPECTOS LEGAIS

A respeito do aspecto legal, deve-se considerar obrigatoriamente a Ação Civil Pública nº 908-02.2013.5.10.0001, ajuizada pelo Ministério Público do Trabalho, por meio da qual proibiu o DNIT de executar as atividades de fiscalização do excesso de peso por meio da terceirização de serviços afins desempenhados nos Postos de Pesagem, sob pena de multa diária de R\$ 1.000,00 (mil reais) por cada trabalhador envolvido, além do pagamento de indenização no valor de R\$ 1.000.000,00 (um milhão de reais) em virtude de dano moral coletivo.

A justificativa para tal feito decorre do fato de que, segundo decisões proferidas pelo judiciário, as atividades de fiscalização desenvolvidas pelo DNIT envolvem Poder de Polícia da Administração e não podem ser terceirizadas, violando, desta maneira, a regra do concurso público e os dispositivos normativos que tratam das hipóteses legais da terceirização na Administração Pública.

Diante disso, restou ao DNIT realizar a fiscalização do excesso de peso por meio do emprego de servidores públicos concursados, capacitados através de cursos de formação de agentes da autoridade de trânsito, e devidamente habilitados através de portarias publicadas no Diário Oficial da União – DOU.

4.3.1.2 ASPECTOS TÉCNICOS

Os Postos de Pesagem de Veículos administrados pelo DNIT, em sua grande maioria, inclusive o PPV 12.01, objeto deste trabalho, ficaram absolutamente fechados e de certa forma descuidados após a Ação Civil Pública que proibiu a fiscalização do excesso de peso pelo DNIT no modelo praticado. Esta situação gerou uma série de consequências negativas de natureza física e estrutural a estes Postos de Pesagem.

Ao reiniciar as atividades primárias de planejamento acerca da reativação dos Postos, o DNIT verificou que algumas medidas de engenharia deveriam ser adotadas para que se tivesse um ambiente propício à realização da fiscalização por meio de equipamentos de pesagem dinâmica no PPV 12.01, destacando-se, entre elas, a necessidade imediata de reforma física e ampliação de suas instalações.

Recentemente, como forma de reduzir as consequências causadas pelo excesso de peso na rodovia BR-020/GO-DF, o DNIT, através de seus agentes da autoridade de trânsito, decidiu realizar no PPV 12.01 a fiscalização por meio da conferência de notas fiscais. De modo que isso ocorresse efetivamente, o DNIT executou em caráter preliminar as reformas civis que se faziam necessárias no prédio administrativo daquele posto.

Porém, para que haja fiscalização adequada pelo emprego de equipamentos de pesagem dinâmica, o DNIT necessita ainda realizar a reforma estrutural do pavimento rígido presente nas pistas de aceleração, desaceleração, balanças seletiva e de precisão, e nas alças de acesso do posto, bem como no pavimento intertravado de concreto, do tipo bloquete hexagonal, encontrado no seu pátio ou estacionamento.

Além do mais, deve-se observar que a maioria dos Postos de Pesagem do DNIT possuem 20 anos ou mais de construção, e que, de lá para cá, ocorreram enormes avanços no tamanho e na configuração dos veículos de carga, o que passou a exigir gabaritos com raios de giro ainda maiores. Assim, de forma a adequar as dimensões do PPV 12.01 à nova realidade dos veículos comerciais, o DNIT deve estudar e executar a ampliação da largura das alças de acesso, de modo a eliminar possíveis entraves operacionais decorrentes da insuficiência de espaço para manobras.

4.3.1.3 ASPECTOS OPERACIONAIS

Os aspectos operacionais envolvem todas as ferramentas necessárias para ocorrer a fiscalização contínua do excesso de peso no PPV 12.01 logo após o término das suas reformas físicas e estruturais, tais como: equipamentos e subsistemas integrados de pesagem dinâmica; equipe auxiliar para tarefas administrativas; vigilância armada em período integral; veículos e mobília; além de outros materiais componentes.

A respeito dos equipamentos e subsistemas auxiliares, o DNIT adquiriu ao longo de sua experiência com pesagem de veículos algumas balanças fixas da marca PAT TRAFFIC, inclusive para o PPV 12.01. Desta forma, o DNIT pode aproveitar estes equipamentos em sua operação no referido PPV, desde que sejam realizadas as devidas manutenções corretivas e atualizações tecnológicas antes de serem reinstalados no Posto de Pesagem.

O sistema de pesagem dinâmica somente estará completo após a integração de alguns subsistemas auxiliares, que contribuem com efeito para a eficiência do processo de fiscalização, são eles: circuito fechado de televisão - CFTV, que tem como objetivo permitir o monitoramento remoto do posto de pesagem; subsistema de controle de fluxo, que visa agilizar a operação através de semáforos e painéis de mensagem variável; e subsistemas de detecção automática de fugas, para o caso de veículos, cujo motorista se recusou a obedecer às placas de pesagem obrigatória na rodovia ou aos sinais emitidos pelo controle semafórico integrado ao sistema de pesagem.

Além dos subsistemas citados acima, existem outras funcionalidades características que influenciam na eficiência da operação por meio de equipamentos de pesagem dinâmica, tais como: um bom plano de manutenção preventiva pode contribuir com a redução de defeitos capazes de interromper o adequado funcionamento do posto de pesagem; o contínuo nivelamento das pistas de concreto nas proximidades às balanças dinâmicas permite reduzir a oscilação dos veículos submetidos à pesagem, de modo a ampliar a precisão das medidas aferidas por estas balanças; o planejamento antecipado dos processos de aferição dos equipamentos de pesagem pode prevenir a ocorrência de imprevistos que prejudiquem o ritmo das atividades desempenhadas no posto; e a oportuna realização de treinamentos operacionais com os agentes da autoridade de trânsito, para que entendam e adquiram a prática de trabalhar com todas as funções estreitamente relacionadas ao sistema de pesagem, tende a possibilitar que os procedimentos protocolares sejam executados de maneira ágil e precisa.

A operação de um posto de pesagem exige que algumas tarefas e ferramentas auxiliares sejam consideradas, caso contrário, a execução das atividades primárias podem ficar comprometidas, são elas: aquisição de bens duráveis, como geladeira, fogão, micro-ondas, ar condicionados, beliche, colchões, mesas, cadeiras, gaveteiros, armários, computadores e impressoras para o prédio administrativo do posto; contratação de uma empresa auxiliar para realização de tarefas de apoio administrativo e de serviços gerais; contratação de vigilância armada, visando proteger o patrimônio público e zelar pela segurança de todas as pessoas no posto de pesagem; disponibilização de veículo e combustível para eventuais deslocamentos em prol da fiscalização do excesso de peso desempenhada no posto; prover internet de qualidade, visto que há uma extrema necessidade de comunicação constante entre o posto de pesagem e a sua unidade administrativa; além de manter ininterruptamente, pela necessidade básica, água potável e energia.

4.3.2 LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA A REATIVAÇÃO DO PPV 12.01

O detalhamento realizado acerca dos aspectos inerentes à reativação do PPV 12.01, apresentado no item anterior deste trabalho, possibilitou o levantamento de custos necessários e a definição do valor de investimento para cada ano de operação, tendo como premissa básica que o referido posto deva operar por um período de 30 meses, conforme previsto no planejamento inicial do DNIT.

4.3.2.1 REFORMA E AMPLIAÇÃO DO POSTO DE PESAGEM

De acordo com o orçamento elaborado pela Superintendência Regional do DNIT no Estado de Goiás e Distrito Federal, estima-se um custo de R\$ 306.000,00 (trezentos e seis mil reais) para troca de placas de concreto danificadas, reparo de trincas e rachaduras, tratamento de juntas de dilatação, ampliação da largura das alças de acesso, e reforma no pátio ou estacionamento do posto. Além do mais, já foram investidos cerca de R\$ 34.000,00 (trinta e quatro mil reais) na reforma física do prédio administrativo, onde foram realizados serviços de pintura, elétricos e de hidráulica.

Desta forma, entende-se que, para a reforma e ampliação pretendidas, deverá haver um investimento total de R\$ 340.000,00 (trezentos e quarenta mil reais), ou seja, diluindo-se este valor pelo prazo de 30 meses, resultará num custo anual de R\$ 136.000,00 (cento e trinta e seis mil reais) para este quesito.

4.3.2.2 MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS RÍGIDO E INTERTRAVADO

Para estimar a quantia a ser investida neste item, adotou-se os custos médios do metro quadrado empregados no orçamento da reforma e ampliação do posto de pesagem, cujos valores são de R\$ 500,00/m² (quinhentos reais por metro quadrado) para pavimento rígido, e R\$ 120,00/m² (cento e vinte reais por metro quadrado) para pavimento intertravado de concreto. Em seguida, como forma de estabelecer o quantitativo anual de manutenção, identificou-se a área do pavimento pelo *As Built* do posto, e considerou-se, com base na prática de outros empreendimentos, percentuais de 2 e 5% sobre a área total, respectivamente, para pavimento rígido e pavimento intertravado de concreto. A Tabela 29 a seguir apresenta o resultado do custo anual para este item de serviço.

Tabela 29 – Custo Anual para Manter o Pavimento do Posto

ITEM	PAVIMENTO	ÁREA TOTAL	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO ANUAL
01	Rígido	2% x 5.000 m ²	R\$ 500,00/m ²	R\$ 5.000,00
02	Intertravado	5% x 1.400 m ²	R\$ 120,00/m ²	R\$ 8.400,00
TOTAL				R\$ 13.400,00

Fonte: Autor (2017)

Com base na Tabela 29 acima, verifica-se que o custo anual decorrente da manutenção do pavimento no PPV 12.01 deverá ser de R\$ 13.400,00 (treze mil e quatrocentos reais).

4.3.2.3 EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE PESAGEM DINÂMICA

Este item de serviço observa a proposta técnico-financeira apresentada pela Empresa PAT TRAFFIC e aceita pelo DNIT, com vistas à sua contratação, mediante inexigibilidade de licitação, para reinstalação e manutenção dos equipamentos de pesagem dinâmica, além da disponibilização de subsistemas integrantes auxiliares, durante um prazo de 30 meses. Esta proposta também prevê o nivelamento das pistas de concreto na área de influência das balanças, a realização dos procedimentos necessários para aferição obrigatória destes equipamentos de pesagem, e o treinamento operacional dos agentes da autoridade de trânsito.

O valor final presente na proposta acerca da somatória dos serviços a serem executados pela referida empresa no PPV 12.01 será de R\$ 2.175.000,00 (dois milhões, cento e setenta e cinco mil reais). Assim, o custo anual destinado para operação de equipamentos e subsistemas de pesagem dinâmica será de R\$ 870.000,00 (oitocentos e setenta mil reais).

4.3.2.4 AQUISIÇÃO DE BENS DURÁVEIS

Para composição de um ambiente de trabalho minimamente destinado à realização de atividades relacionadas à fiscalização do excesso de peso, uma série de bens duráveis devem ser adquiridos e colocados à disposição dos colaboradores. Estes artigos foram relacionados no item 4.3.1.3 deste trabalho, e verificou-se, em levantamento próprio, que chegam a custar em torno de R\$ 40.000,00 (quarenta mil reais). Desta forma, ao dividir este valor pelo prazo estabelecido pelo DNIT de 30 meses, obtém-se um custo anual de R\$ 16.000,00 (dezesesseis mil reais) para este item.

4.3.2.5 EMPRESA AUXILIAR PARA TAREFAS ADMINISTRATIVAS

Em um posto de pesagem de veículos, além das atividades de fiscalização do excesso de peso, executadas pelos agentes da autoridade de trânsito, existem algumas outras tarefas de caráter administrativo que devem ser realizadas de forma complementar para que aconteçam os resultados esperados. Estas funções são: auxiliar de serviços gerais, auxiliar de escritório, digitador, técnico de suporte, e chefe de escritório.

Diante do fato de que estas atividades elencadas acima podem ser legalmente terceirizadas, o DNIT deve contratar uma empresa prestadora de serviços de forma a ganhar agilidade e eficiência acerca dos procedimentos a serem realizados no PPV 12.01. A seguir, são apresentados na Tabela 30, com base na tabela de preços de consultoria (2017) do DNIT, os custos mensais e anuais decorrentes de tais serviços:

Tabela 30 – Custos Mensais e Anuais com Empresa Terceirizada

ITEM	ATIVIDADE	NÍVEL	CUSTO MENSAL
01	Chefe de Escritório	A0	R\$ 4.700,00
02	Técnico de Suporte	T3	R\$ 2.700,00
03	Digitador	T4	R\$ 2.000,00
04	Auxiliar de Escritório	A2	R\$ 1.800,00
05	Auxiliar de Serviços Gerais	A3	R\$ 1.600,00
SUB-TOTAL MENSAL 01			R\$ 12.800,00
Encargos Sociais (84,04%)			R\$ 10.760,00
Custo Administrativo (30,00%)			R\$ 3.840,00
SUB-TOTAL MENSAL 02			R\$ 27.400,00
Remuneração da Empresa (12,00%)			R\$ 3.300,00
SUB-TOTAL MENSAL 03			R\$ 30.700,00
Despesas Fiscais (16,62%)			R\$ 5.100,00
TOTAL MENSAL			R\$ 35.800,00
TOTAL ANUAL			R\$ 429.600,00

Fonte: Autor (2017)

Através dos cálculos expostos na Tabela 30 acima, verifica-se que o custo total anual resultante da contratação de empresa terceirizada para execução de tarefas auxiliares deverá ser de R\$ 429.600,00 (quatrocentos e vinte e nove mil, e seiscentos reais).

4.3.2.6 VIGILÂNCIA ARMADA

A necessidade de vigilância armada em postos de pesagem de veículos se deve, primeiramente, em virtude das localidades em que eles se situam, pois geralmente estão em áreas extremamente isoladas de rodovias; e, em segundo, devido ao tipo de fiscalização exercida naqueles locais, visto que, na maioria dos casos, pode ser considerada de periculosidade. Desta forma, este instrumento visa não só proteger o patrimônio público, como garantir a segurança dos agentes da autoridade de trânsito, dos colaboradores, e das demais pessoas que venham a utilizar em algum momento o posto de pesagem.

Para esta atividade, estimou-se um quantitativo total de 04 (quatro) vigilantes em escalas de 24 horas consecutivas de trabalho cada, e custos unitários mensais estimados em R\$ 5.500,00 (cinco mil e quinhentos reais). Sendo assim, teríamos um custo total mensal para este item em torno de R\$ 22.000,00 (vinte e dois reais), e um custo total anual na ordem de R\$ 264.000,00 (duzentos e sessenta e quatro mil reais).

4.3.2.7 CUSTOS COMPLEMENTARES

Neste quesito, são considerados os custos complementares relacionados à disponibilização de veículo, combustível, internet, água e energia. Estes itens formam um custo mensal aproximado de R\$ 12.000,00 (doze mil reais), sendo R\$ 4.500,00 (quatro mil e quinhentos reais) referentes a uma caminhonete – 140 CV a 165 CV, conforme a tabela de preços de consultoria (2017) do DNIT, e o restante estimado em cerca de R\$ 7.500,00 (sete mil e quinhentos reais). Desta forma, o custo total anual para cobrir estes gastos complementares do PPV 12.01 deverá ser de aproximadamente R\$ 144.000,00 (cento e quarenta e quatro mil reais).

4.3.3 ANÁLISE DOS CUSTOS ESTIMADOS PARA A REATIVAÇÃO DO PPV 12.01

Nesta etapa, será apresentado, e em seguida analisado, o resultado obtido a partir da somatória de todos os custos anuais previstos para a retomada da fiscalização do excesso de peso no PPV 12.01. A Tabela 31 a seguir traz um resumo dos referidos valores levantados no item 4.3.2 do presente trabalho.

Tabela 31 – Custo Anual Total Estimado para Reativação do PPV 12.01

ITEM	DESCRIÇÃO	CUSTO ANUAL
01	Reforma e Ampliação do Posto de Pesagem	R\$ 136.000,00
02	Manutenção do Pavimento Rígido e Intertravado	R\$ 13.400,00
03	Equipamentos e Sistemas de Pesagem Dinâmica	R\$ 870.000,00
04	Aquisição de Bens Duráveis	R\$ 16.000,00
05	Empresa Auxiliar para Tarefas Administrativas	R\$ 429.600,00
06	Vigilância Armada	R\$ 264.000,00
07	Custos Complementares	R\$ 144.000,00
TOTAL ANUAL		R\$ 1.873.000,00

Fonte: Autor (2017)

A Tabela 31 exposta acima demonstra que o custo total anual para realização a fiscalização do excesso de peso na rodovia federal BR-020/GO-DF, por meio da reativação do posto de pesagem de código 12.01, deverá ser de um pouco menos que 1,9 milhões de reais.

Para estimativa do valor acima, desconsiderou-se os custos decorrentes de pagamento pelas atividades executadas aos agentes da autoridade de trânsito, por entender que estes já fazem parte do quadro de pessoal do DNIT e, independentemente da existência de fiscalização no posto de pesagem, estes servidores recebem mensalmente seus salários.

Porém, eles poderiam ter sido incluídos tranquilamente no levantamento de custos, visto que para exercerem suas funções no posto de pesagem se faz necessário que deixem suas atividades administrativas no prédio sede do DNIT em Brasília, devendo estas vagas serem preenchidas através da contratação de novos servidores, o que leva a um incremento na folha salarial do DNIT.

4.4 ANÁLISE FINAL ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS NA PESQUISA

Nesta etapa final, será realizada uma análise integrada entre os prejuízos financeiros diretos causados pela prática abusiva do excesso de peso veicular, os recursos investidos na recuperação e manutenção do pavimento flexível rodoviário, e os custos necessários para reativar e operar um posto de pesagem de veículos por um período pré-determinado, utilizando-se, para isto, dos principais dados levantados ao longo deste trabalho.

Primeiramente, deve-se observar que, para os modelos hipotéticos propostos acerca do dano causado ao pavimento flexível pelo excesso de peso na rodovia federal BR-020/GO, com base na Lei da Quarta Potência, o tráfego de veículos comerciais naquela rodovia tende a causar uma redução na vida útil do pavimento de 1,18 a 2,37 anos para um período de projeto de 10 anos, ou seja, será formado um ciclo vicioso onde uma nova restauração do pavimento deverá ser ocorrer sempre de forma anterior ao período previsto inicialmente. Esta situação implica na execução de serviços de recuperação provisória do pavimento, ou na antecipação de seu novo ciclo de restauração. Em ambos os casos, haverá um aumento crescente dos gastos para manter a qualidade, segurança e o conforto proporcionados por um pavimento isento de patologias físicas.

Os gastos citados acima foram calculados com base no programa de manutenção de pavimentos do DNIT para a rodovia BR-020/GO-DF, e identificou-se que, para restaurar e manter 100 Km de faixa desta rodovia, o custo anual correspondente será de aproximadamente 2,5 milhões de reais. Assim, a perda de vida útil do pavimento causada pelo excesso de peso veicular, conforme cálculos realizados nesta pesquisa, representará um prejuízo financeiro para o DNIT da ordem de 300 a 600 mil reais para cada 100 km de faixa de rodovia em um período de um ano. Este valor aumenta conforme a distância média de tráfego - DMT dos veículos comerciais, ou seja, para uma DMT de 500 km os valores encontrados acima devem ser multiplicados por cinco, resultando em um desperdício anual entre 1,5 e 3 milhões de reais.

Na mesma linha, o levantamento de custos para fiscalização do excesso de peso na rodovia BR-020/GO por meio da reativação do PPV 12.01 demonstrou que será necessário um investimento primário de um pouco mais de 1,87 milhões de reais por ano. Desta forma, observa-se que o custo direto anual para operar o referido Posto de Pesagem se equivale ao investimento anual aplicado para restaurar e manter o pavimento em cerca de 75 Km de faixa daquela rodovia. De mesmo modo, em observância à tendência de danos causados pela sobrecarga veicular praticada, examina-se que para Distâncias Médias de Transportes a partir de 620 Km o prejuízo anual decorrente pode ser considerado maior que o próprio investimento para realizar a fiscalização por meio do PPV 12.01. Na realidade, esta DMT pode ser reduzida em até pela metade, visto que a pesquisa realizada considerou apenas o tráfego praticado no sentido crescente da rodovia.

Além do mais, o ganho causado pela fiscalização do excesso de peso vai bem além da redução de gastos na recuperação do pavimento em decorrência de seu desgaste precoce. O controle do sobrepeso veicular nas rodovias federais possui a capacidade de contribuir com outros diversos fatores, tais como: redução no número de acidentes de trânsito, geralmente causados pelo descontrole dos veículos de carga ou de passageiros por parte dos condutores, visto que o limite de peso excedente é capaz de dificultar consideravelmente a capacidade de manobras e/ou de frenagem destes veículos; redução no preço final dos produtos transportados em virtude da atenuação de gastos com custos operacionais, bem como da limitação à incessante concorrência desleal praticada no mercado logístico; além da receita global arrecadada resultante das multas por excesso de peso, que retornam posteriormente para as rodovias em forma de investimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma pesquisa acerca da prática abusiva do excesso de peso pelos veículos comerciais na rodovia federal BR-020/GO-DF. O levantamento dos dados de pesagem obtidos através de balanças dinâmicas de precisão instaladas no PPV 12.01, município de Formosa/GO, e os princípios básicos da Lei da Quarta Potência, permitiram demonstrar o impacto causado pelo sobrepeso à vida útil do pavimento naquela rodovia.

O levantamento de custos realizado ao longo do trabalho trouxe uma visão mais clara acerca dos investimentos aplicados pelo DNIT para recuperar e manter o pavimento da rodovia estudada, deixando evidente que anualmente são aplicados grandes montantes de recursos para garantir a qualidade e a durabilidade deste pavimento flexível rodoviário. Porém, os resultados apresentados na pesquisa demonstram que uma parcela razoável destes investimentos está sendo desperdiçada em virtude do excesso de peso praticado pelos veículos de carga e de passageiros na referida rodovia.

Atualmente, esta situação encontra-se ainda mais comprometedora, visto que a principal ferramenta de combate à prática do sobrepeso veicular, o PPV 12.01, teve seu funcionamento interrompido em meados de 2014, o que levou a um processo lento e contínuo de deterioração da sua infraestrutura física. Neste sentido, este trabalho conseguiu realizar o levantamento das principais dificuldades, bem como da maioria dos aspectos inerentes à reativação deste Posto de Pesagem, tendo como premissa básica que o modelo de pesagem dinâmica suportado por ele ainda se apresenta como uma excelente solução técnica e viável para realização da fiscalização do excesso de peso, pelo menos até que os Postos Integrados Automatizados de Fiscalização – PIAF planejados pelo DNIT sejam construídos e tenham suas efetivas operações iniciadas.

Assim, este trabalho conseguiu alcançar o seu objetivo de realizar um apanhado geral sobre a importância da fiscalização do sobrepeso veicular nas rodovias federais por meio do emprego de equipamentos de pesagem dinâmica, tendo como resultado principal a redução dos danos causados ao pavimento flexível rodoviário, e conseqüentemente, os prejuízos financeiros decorrentes do excesso de procedimentos interventivos que tanto visam garantir a qualidade e a durabilidade do pavimento flexível nas rodovias federais brasileiras administradas pelo DNIT.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Diante de todo exposto, entende-se interessante a continuidade desta pesquisa através da ampliação dos parâmetros utilizados, do emprego de outros modelos pertinentes, e do redirecionamento da perspectiva de análise, de modo a obter um aprimoramento quanto ao diagnóstico final acerca do impacto da ausência de fiscalização do excesso de peso no desgaste do pavimento flexível rodoviário.

Neste sentido, apresenta-se algumas sugestões capazes de promover a melhoria técnica do presente trabalho, são elas: realizar o levantamento dos dados de pesagem em intervalos mínimos anuais e em ambos os sentidos da rodovia para identificar qual a carga total exata que incide sobre o seu pavimento; realizar uma pesquisa de origem e destino com os veículos comerciais, de modo a conhecer a DMT dos mesmos e emprega-la para calcular os prejuízos derivados da relação entre a perda de vida útil do pavimento e os gastos contínuos para restaurá-lo e mantê-lo; e, adotar outros modelos científicos, além da Lei da Quarta Potência empregada neste trabalho, para estimar os reais efeitos causados pelo excesso de peso veicular ao pavimento flexível das rodovias brasileiras.

Por fim, sugere-se a análise, nos moldes desta pesquisa, acerca dos dados de pesagem dinâmica recolhidos pelos equipamentos do PNCT na rodovia federal BR-020/GO logo após o encerramento das atividades de fiscalização exercidas no PPV 12.01, com intuito de verificar qual a variação do quantitativo de veículos trafegando acima dos limites de peso e o seu respectivo impacto ao pavimento flexível naquele segmento rodoviário.

REFERÊNCIAS

AHMED, Anwaar; BAI, Qiang; LABI, Samuel. Pavement damage cost estimation: a synthesis of past research. **Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers - Transport**, [s.l.], v. 168, n. 1, p.48-58, fev. 2015. Thomas Telford Ltd..
<http://dx.doi.org/10.1680/tran.12.00075>.

ALBANO, João Fortini. **Efeitos dos Excessos de Carga sobre a Durabilidade dos Pavimentos**. 2005. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

ALBANO, João Fortini; LINDAU, Luis Antonio. **Revisando as Tecnologias para Pesagem de Veículos**. Disponível em:
 <[http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/295_Revisando as tecnologias para pesagem de veiculos.pdf](http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/295_Revisando%20as%20tecnologias%20para%20pesagem%20de%20veiculos.pdf)>. Acesso em: 17 set. 2016.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres (Brasília). **Registro Nacional dos Transportadores Rodoviários de Carga em Números**. 2016. Disponível em:
 <http://www.antt.gov.br/index.php/content/view/4969/RNTRC_em_Numeros.html>. Acesso em: 30 ago. 2016.

AZEREDO, Luiz César Loureiro de. **Investimento em Infraestrutura (sic.) no Plano Plurianual 2004-2007** – Uma Visão Geral. Brasília. IPEA, 2004.

BASÍLIO, Rafael. **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE PAVIMENTOS DE RODOVIAS ESTADUAIS DE GOIÁS – ESTUDO DE CASO**. 2002. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BARELLA, Rodrigo Maluf. **Contribuição para Avaliação de Irregularidade Longitudinal de Pavimentos com Perfilômetros Inerciais**. 2008. 362 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BERNUCCI, Liede Bariani et al. Diagnóstico de defeitos, avaliação funcional e de aderência, Avaliação Estrutural de Pavimentos Asfálticos & Técnicas de Restauração Asfáltica. In: BERNUCCI, Liede Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS: ABEDA, 2008. Cap. 9, 10 & 11. p. 403-475.

BORGES, Rodrigo César Neiva. **Fiscalização de Excesso de Peso em Rodovias**. 2012. Elaborada pela Consultoria Legislativa da Câmara dos Deputados. Disponível em:
 <http://www2.camara.leg.br/publicacoes-e-acervos/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema14/2012_4329.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016.

BRITO, Lelio et al. Sistema de Pesagem em Movimento - WIM: Instalação e Calibração em Pista Experimental para Monitoramento e Classificação do Espectro de Cargas Rodantes da BR-290/RS - *Freeway*. **Revista de Engenharia Civil Imed**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p.29-41, dez. 2014.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes (Brasília). **Pesquisa CNT de rodovias 2015**: Relatório gerencial. 2015. Disponível em: <http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/PESQUISA_CNT2015_BAIXA.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2016.

COSTA, Ludmila Cabrine Silva; MORAES, Olímpio Luiz Pacheco de. **O USO DO SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS NO SETOR DE PLANEJAMENTO DO DNIT**. In: REUNIÃO ANUAL DE PAVIMENTAÇÃO, 44., 2015, Foz do Iguaçu. Artigo. Foz do Iguaçu: Dnit, 2015. p. 1 - 16.

DER/SP – Departamento de Estradas de Rodagem no Estado de São Paulo. **Instrução de Projeto**: Projeto de Pavimentação. São Paulo, 2006. 53 p.

DNIT 005/2003 – Terminologia, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Defeitos nos Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 006/2003 – Procedimento, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos (Sic)**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 008/2003 – Procedimento, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Levantamento Visual Contínuo para Avaliação da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos (Sic)**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT 009/2003 – Procedimento, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos (Sic)**. Rio de Janeiro, 2003.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (Brasília). **Sistema Nacional de Viação**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao>>. Acesso em: 27 ago. 2016.

FERREIRA, Adelino; PICADO-SANTOS, Luís. **ANÁLISE DE MODELOS DE COMPORTAMENTO PARA UTILIZAÇÃO EM SISTEMAS DE GESTÃO DE PAVIMENTOS**. 2007. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/275039805>>. Acesso em: 30 abr. 2016.

FONTENELE, Heliana Barbosa; FERNANDES JUNIOR, José Leomar. O Efeito da Caracterização do Tráfego no Desempenho do Pavimento Flexível. **Revista Ciência & Engenharia**, [s.l.], v. 23, n. 1, p.09-16, jun. 2014.

FONTENELE, Heliana Barbosa; ZANUCIO, Carlos Eduardo Magron; SILVA JUNIOR, Carlos Alberto Prado da. O Excesso de Peso nos Veículos Rodoviários e o seu Efeito. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, [s.l.], [s.v.], n. 18, p.95-103, nov. 2011.

- FRANCISCO, Ana Paula Santos. **Comportamento Estrutural de Pavimentos Rodoviários Flexíveis**. 2012. 100 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia da Construção, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2012.
- FREITAS, Maxsoel Bastos de. **Transporte rodoviário de cargas e sua respectiva responsabilidade civil**. 2004. Disponível em: <<http://egov.ufsc.br/portal/sites/default/files/anexos/8067-8066-1-PB.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2016.
- GONÇALVES, Fernando Pugliero. **O Desempenho dos Pavimentos Flexíveis**. 1999. Disponível em: <<http://usuarios.upf.br/~pugliero/arquivos/09.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2016.
- GOMES, Ricardo Almeida. **Transporte Rodoviário de Carga e Desenvolvimento Econômico no Brasil: Uma Análise Descritiva**. 2006. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Transportes, Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- JESUS, Felipe Gonçalves de; FONTENELE, Heliana Barbosa. Excesso de Peso nos Veículos Rodoviários de Carga e seu Efeito no Fator de Equivalência de Carga. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, [s.l.], v. 6, n. 3, p.108-117, dez. 2014.
- KACHANOV, L. M. **Introduction to Continuum Damage Mechanics**. Mechanics of Elastic Stability. Martinus Nijhoff, Dordrecht. Netherland, 1986.
- LEBRE, Catarina Raque Almeida. **Análise de Agressividade de Eixos em Pavimentos Rodoviários**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2014.
- MAIA, Iva Marlene Cardoso. **CARACTERIZAÇÃO DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS**. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Vias de Comunicação, Universidade do Porto, Porto, 2012.
- MATSAGAR, Vasant (Ed.). **Advances in Structural Engineering: Materials**. 3. ed. New Delhi: Springer, 2015. 2657 p. 3 v.
- MELO, Marlene Denise Pereira de. **Aplicação do modelo HDM-4 na previsão do IRI para pavimentos rodoviários da rede nacional**. 2015. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015.
- PACHECO, Heverton Matsuy. **Avaliação de Patologias em Pavimentos Rodoviários e suas Soluções Corretivas**. 2011. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2011.
- PRESTES, Marilez Pôrto. **MÉTODO DE AVALIAÇÃO VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS - UM ESTUDO COMPARATIVO**. 2001. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

RÉUS, Thaís Ferrari; SILVA JÚNIOR, Carlos Alberto Prado da; FONTENELE, Heliana Barbosa. Análise empírico-mecânica do efeito do excesso de carga veículos comerciais. **Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s.l.], v. 9, n. 2, p.57-70, out. 2014.

RÉUS, Thaís Ferrari; SILVA JUNIOR, Carlos Alberto Prado da; FONTENELE, Heliana Barbosa. Dano pelo sobre de veículos comerciais ao pavimento flexível. **Revista Tecnologia Fortaleza**, [s.l.], v. 35, n. 12, p.55-65, dez. 2014.

USP – Universidade de São Paulo. **Fotos de Irregularidade em Pavimentos**. 2014. Disponível em: <http://www.usp.br/ldsv/?page_id=219>. Acesso em: 27 ago. 2016.

SCARANTO, Marcelo. **Procedimentos aplicáveis na definição de medidas para a manutenção de pavimentos urbanos com revestimentos asfálticos**. 2007. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007.

SCHMITT, Samuel Koch. **Avaliação da Tolerância de Peso Permitida por Eixo no Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis**. 2015. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SCHROEDER, Élcio Mário; CASTRO, José Carlos de. **Transporte Rodoviário de Carga: Situação Atual e Perspectivas**. 1996. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/revista/carga.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2016.

SILVA, Luiz Antônio da. **SISTEMA DE GERÊNCIA DE PAVIMENTOS DO DER/SP**. 2008. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

SILVA, Marcelo Corrêa da. **AVALIAÇÃO FUNCIONAL E ESTRUTURAL DAS VIAS ASFALTADAS DO CAMPUS DA UFV**. 2006. 101 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SONCIM, Sérgio Pacífico. **Desenvolvimento de Modelos de Previsão de Desempenho de Pavimentos Asfálticos com Base em Dados da Rede de Rodovias do Estado da Bahia**. 2011. 241 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. **Relatório de Avaliação e o Modelo de Deterioração de Pavimento**. Florianópolis, 2012. 110 p.

VIERA, Cristiane Schmitt. **DESEMPENHO DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL SOLICITADO POR SIMULADOR DE TRÁFEGO**. 2002. 138 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.