



AVALIAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO DE MODELOS DE AFERIÇÃO DE PESO EM RODOVIAS BRASILEIRAS: DESAFIOS, ALTERNATIVAS E INOVAÇÕES

Marcelo Bavier Marcos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientadora: Andréa Souza Santos

Rio de Janeiro
Novembro de 2023

AVALIAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO DE MODELOS DE AFERIÇÃO DE PESO
EM RODOVIAS BRASILEIRAS: DESAFIOS, ALTERNATIVAS E INOVAÇÕES

Marcelo Bavier Marcos

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Orientador: Professora Andréa Souza Santos

Aprovada por: Profa. Andréa Souza Santos

Profa. Laura Silvia Bahiense da Silva Leite

Prof. Ricardo Silveira Martins

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

NOVEMBRO 2023

Marcos, Marcelo Bavier

Avaliação e aperfeiçoamento de modelos de aferição de peso em rodovias brasileiras: desafios, alternativas e inovações / Marcelo Bavier Marcos. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2023

XV, 131 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Andréa Souza Santos

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2023.

Referências Bibliográficas: p. 110-124.

1. Pesagem veicular. 2. Sobre peso veicular. 3. Logística. I. Santos, Andréa Souza. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

DEDICATÓRIA

A minha família e amigos, com um carinho especial
a minha esposa Valeska, a minha filha Júlia, aos pais e aos sogros.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família pelo apoio e compreensão recebidos durante toda a minha vida acadêmica e profissional, a ausência da presença física por muitas vezes aconteceu, mas o apoio nunca deixou de existir.

A Professora Andréa Souza Santos especialmente e demais professores do PET da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, que, apesar dos problemas de saúde mundial nos anos de 2020 e 2022, se empenharam em trazer aos alunos o conteúdo programático da melhor forma possível, sempre com muito esforço e profissionalismo.

Aos discentes que tanto trocaram experiência comigo nesse período, enriquecendo as discussões e compartilhando conhecimento.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram na difícil rotina de compartilhar a vida profissional com a acadêmica, em especial nos momentos que possuímos grande responsabilidade em servir a sociedade.

Aos excepcionais profissionais e amigos da Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, que, além do apoio, também estiveram ao meu lado compartilhando conhecimento e experiências, com um especial agradecimento para Alexandre Wargas, Felipe Ricardo e Rafael Vitale.

A todas as pessoas que de alguma ou outra forma colaboraram para que eu cumprisse este objetivo.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

AVALIAÇÃO E APERFEIÇOAMENTO DE MODELOS DE AFERIÇÃO DE PESO EM RODOVIAS BRASILEIRAS: DESAFIOS, ALTERNATIVAS E INOVAÇÕES

Marcelo Bavier Marcos

Novembro/2023

Orientador: Andréa Souza Santos

Programa: Engenharia de Transporte

Este trabalho avalia o sistema de controle de peso veicular em rodovias brasileiras, propondo aprimoramentos que incluem a incorporação de tecnologias e soluções para suprir as limitações atuais, indicando os desafios existentes nesse processo, apresentando alternativas e inovações viáveis. Dessa forma, por meio de uma revisão sistemática da literatura, buscou-se expor os métodos e conceitos desenvolvidos em estudos anteriores que se relacionam de forma direta ou indireta ao assunto tratado, trazendo também uma abordagem quanto aos aspectos legal e regulatório. A partir disso, foi desenvolvida e aplicada a metodologia de pesquisa, momento em que a participação de atores externos, por meio de aplicação de questionário semiestruturado, foi fundamental para expor os pontos críticos e desenvolver a análise Swot do atual modelo de controle de peso. A construção dos cenários expôs o potencial de adequações operacionais e tecnológicas que são possíveis incorporar ao atual cenário (Business as Usual), o que refletiu em uma análise e conclusão apontando para: possível redução de gastos públicos, aumento da segurança viária, melhoria na fluidez do tráfego e diminuição de emissão de Gases do Efeito Estufa - GEE. Espera-se que esse trabalho subsidie ações governamentais, trazendo insumos para o planejamento e desenvolvimento de políticas eficazes de controle do transporte rodoviário de cargas, além de fomentar novos estudos e abordagens desse tema que é tão relevante para a segurança viária e toda sociedade.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

EVALUATION AND IMPROVEMENT OF WEIGHT MEASUREMENT MODELS
ON BRAZILIAN HIGHWAYS: CHALLENGES, ALTERNATIVES AND
INNOVATIONS

Marcelo Bavier Marcos

November/2023

Advisor: Andréa Souza Santos

Department: Transportation Engineering

This work evaluates the vehicle weight control system on Brazilian highways, proposing improvements that include the incorporation of technologies and solutions to overcome current limitations, indicating the challenges that exist in this process, presenting viable alternatives and innovations. Thus, through a systematic review of the literature, we sought to expose the methods and concepts developed in previous studies that are directly or indirectly related to the subject addressed, also bringing an approach to the legal and regulatory aspects. From this, the research methodology was developed and applied, at which time the participation of external actors, through the application of a semi-structured questionnaire, was essential to expose the critical points and develop the SWOT analysis of the current weight control model. The construction of the scenarios exposed the potential for operational and technological adjustments that are possible to incorporate into the current scenario (Business as Usual), which reflected in an analysis and conclusion pointing to: possible reduction of public expenses, increase in road safety, improvement in fluidity of traffic and reduction of greenhouse gas emissions - GHG. It is expected that this work will support government actions, bringing inputs for the planning and development of effective policies to control road freight transport, in addition to promoting new studies and approaches to this topic, which is so relevant to road safety and society as a whole.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização	3
1.2. Objetivos geral e específicos	6
1.3. Justificativa.....	7
1.4. Delimitação da pesquisa	11
1.5. Estrutura da pesquisa.....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Caracterização do sistema de pesagem no Brasil - normas e regulamentos.....	14
2.1.1 Normas metrológicas aplicadas	23
2.2. O excesso de peso e o desgaste do pavimento.....	30
2.3. Os aspectos econômicos e sociais.....	36
2.4. Sistema em alta velocidade (“ <i>High Speed Weigh-in-Motion</i> ” (<i>Hs-Wim</i>))	41
2.4.1 Sistemas piezoelétricos	42
2.4.2 Tapetes capacitivos.....	44
2.4.3 Placas de dobra (“ <i>bending plates</i> ”).....	45
2.4.4 Células de carga.....	46
2.4.5 Tecnologia de fibra óptica	48
2.5. O uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (<i>Intelligent Transport System</i> – ITS) no monitoramento, telemetria e controle de veículos.....	53
2.6 Documentos eletrônicos utilizado no transporte rodoviário de cargas.....	57
2.7 Análise e síntese	61
3. METODOLOGIA.....	64
3.1. Definição da área de estudo e planejamento.....	65
3.2. Aplicação de questionário semiestruturado	66
3.3. Análise bibliométrica, levantamento e obtenção dos dados	67
3.4. Tratamento dos dados e definição de indicadores	68

3.5. Construção de cenários	69
3.6. Análise e discussão dos resultados	70
4. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	71
4.1. Etapa 1 - Definição da área de estudo e planejamento	71
4.2. Etapa 2 - Aplicação de questionário semiestruturado	75
4.3. Etapa 3 - Análise bibliométrica, levantamento e obtenção dos dados.....	79
4.4. Etapa 4 - Tratamento dos dados e definição de indicadores.....	80
4.5. Etapa 5 - Construção de cenários	81
4.6. Etapa 6 - Análise e discussão dos resultados.....	82
5. CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS	83
5.1. Execução manual das tarefas e processos.....	83
5.2. Implantação parcial de recursos tecnológicos e da operação remota	86
5.3. Automatização das rotinas e uso massivo de tecnologias	90
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	95
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	106
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXO 1: Resposta da entrevista Semiestruturada	125

Lista de Figuras

Figura 1.1: Quadro esquemático do posto	9
Figura 1.2: Sistema de detecção automática de fugas.	10
Figura 2.1: Fluxograma Definição do Infrator	20
Figura 2.2: Veículos homologados para o transporte.	23
Figura 2.3: Placa de identificação com características metrológicas.	25
Figura 2.4 :Vista em perspectiva da instalação.	25
Figura 2.5: Processo de aprovação do equipamento de pesagem.	26
Figura 2.6: Laudo de verificação metrológica e exemplo de ensaio.	28
Figura 2.7: Sensores ao longo da via para medição de dimensões.	30
Figura 2.8: Acidente grave entre duas ambulâncias, ônibus e carreta em Guarapari.	37
Figura 2.9: Estrutura de sistema <i>Hs-Wim</i> típico e a imagem.	42
Figura 2.10: Instalação de sensores Piezoelétricos.	43
Figura 2.11: Sensor <i>Hs-Wim</i> piezoelétrico de quartzo.	44
Figura 2.12: Tapete capacitivo em atividade	45
Figura 2.13: Instalação de sensores “ <i>Bending Plate</i> ”	46
Figura 2.14: Sistema de pesagem por célula de carga	47
Figura 2.15: Sensor de fibra óptica	48
Figura 2.16: Classificação de registros de excesso de peso.	53
Figura 2.17: Exemplos de conexões de veículos	54
Figura 2.18: Assistente de condução inteligente. Esquema do sistema.	55
Figura 2.19: Configuração esquemática monitoramento de emissões de gases	57
Figura 2.20: Fluxo MDF-e.	59
Figura 3.1: Procedimento proposto.	65
Figura 4.1: Concessões rodoviárias federais	72
Figura 4.2: Fluxograma das fases de execução	74
Figura 4.3: Seleção de palavras-chaves	80

Figura 4.4: Resultado de agrupamento de palavras-chaves	80
Figura 4.5: Fluxo de seleção das palavras-chaves e artigos	80
Figura 5.1: Pessoal necessário para operação de um posto	84
Figura 5.2: Modelo de centro de monitoramento	87
Figura 5.3: Estrutura tecnológica de operação remota	87
Figura 5.4: Relação de servidores e colaboradores – cenário intermediário	88
Figura 5.5: Sistema Piezoelétrico	90
Figura 5.6: Pórtico de fiscalização em alta velocidade.....	91
Figura 5.7: Relação de servidores e colaboradores cenário automatizado	92
Figura 6.1: Processo de identificação e avaliação de riscos	98
Figura 6.2: Diamante das fraudes	99
Figura 6.3: Estatística dos postos de pesagem.....	100
Figura 6.4: Estatística dos postos de pesagem de Garuva-SC	101

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Limites Máximos de Peso por Eixo.....	16
Tabela 2.2: Limites Máximos de Peso por Eixo em Ônibus	16
Tabela 2.3: Cálculo do valor da multa por excesso na CMT.....	18
Tabela 2.4: Cálculo do valor da multa por excesso de peso	18
Tabela 2.5: Erro máximo admissível da massa do veículo.....	27
Tabela 2.6: Erro máximo admissível para eixo e conjunto de eixos	27
Tabela 2.7: Condição das vias 2005- CNT	32
Tabela 2.8: Condição das vias 2013 - CNT	33
Tabela 2.9: Condição das vias 2021 - CNT	33
Tabela 2.10: Custos econômicos e sociais no cenário Política Moderada e Tolerante ...	37
Tabela 2.11: Custo social em relação ao custo econômico (R\$/milhões)	38
Tabela 5.1: Dados gerais e ociosidade operação manualizada	84
Tabela 5.2: Custos com atividade manual	84
Tabela 5.3: Dados gerais e ociosidade do cenário intermediários.....	89
Tabela 5.4: Custos do cenário intermediários.....	89
Tabela 5.5: Dados gerais e ociosidade do cenário automatizado	92
Tabela 5.6: Custos do cenário automatizado	93
Tabela 6.1: Erro máximo admissível em massa total	104
Tabela 6.2: Erro máximo admissível em eixos.....	104

Lista de Quadros

Quadro 2.1: Definição de Infratores	19
Quadro 2.2: Código de Identificação de Classes de Veículos – DENATRAN.....	22
Quadro 2.3: Fatores de equivalência de carga da AASHTO	35
Quadro 2.4: Fatores de equivalência de carga do USACE.....	35
Quadro 2.5: Custos diretos de transporte.....	40
Quadro 2.6: Custos indiretos de transporte.....	41
Quadro 2.7: Quadro comparativo entre célula de carga e “ <i>bending plate</i> ”	47
Quadro 3.1: Técnicas de pesquisa	66
Quadro 3.2: Postos de pesagem e localização	73
Quadro 4.1: Questionário semiestruturado	76
Quadro 5.1: Pontos fracos e soluções	93
Quadro 6.1: Uso da ferramenta 5W2H para avaliação - setor.....	102
Quadro 6.2: Uso da ferramenta 5W2H para avaliação - Estado.....	103

Lista de Siglas

AET – Autorização Especial de Trânsito
AIT – Auto de Infração de Trânsito
ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
ARTESP - Agência de Transporte do Estado de São Paulo
AASHTO - *American Association of State Highway and Transportation Officials*
BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento
BIRD - Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento
BUS - *Business as Usual*
CNT - Confederação Nacional de Transportes
Conmetro - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial -
CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito
COPPE - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
CMT - Capacidade Máxima de Tração
CNT - Confederação Nacional de Transportes
CTB - Código Nacional de Trânsito
CVC - Combinações de Veículos de Cargas
DERs - Departamentos de Estradas e Rodagem
DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DT-e - Documento de Transporte Eletrônico
ETC - Empresas Transportadoras de Cargas
FEC - Fator de Equivalência de Carga
GEE - Gases do Efeito Estufa
Hs-Wim - Hight Speed Weigh-in-Motion
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ITS - *Intelligent Transport System*
LABTRANS - Laboratório de Transportes e Logística Campus Universitário
MDF-e - Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais
NF-e - Nota Fiscal Eletrônica
PBT - Peso Bruto Total
PBTC - Peso Bruto Total Combinado
PEF - Pagamento Eletrônico de Frete

PET – Programa de Engenharia de Transportes
PMF - Política Nacional de Piso Mínimo do Frete
PNPM-TRC - Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas
PPV - Postos de Pesagem Veicular
PRF - Polícia Rodoviária Federal
PROCONVE - Programa de Controle de Emissões Veiculares
RNTRC - Registro Nacional do Transportador Rodoviário de Cargas
RTM - Regulamento Técnico Metrológico
SAI - Sistemas Automatizados Integrados
SENATRAN - Secretaria Nacional de Trânsito
SIART - Seminário Internacional das Agências Reguladoras de Transportes
SINIAV - Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos
SINIEF - Sistema Nacional de Informações Econômicas e Fiscais
SNV - Sistema Nacional de Viação
TAC - Transportadores Autônomos de Cargas
TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação
UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro
USACE - *United States Army Corps of Engineers*
VPo - Vale-Pedágio Obrigatório

1. INTRODUÇÃO

O processo de controle do peso dos veículos que circulam nas rodovias brasileiras é uma rotina de diversas instituições públicas, com especial destaque para a Agência Nacional de Transporte Terrestres – ANTT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, Polícia Rodoviária Federal – PRF e Departamentos de Estradas e Rodagem – DERs dos Estados. A melhoria da metodologia de controle do transporte rodoviário de cargas pode ter impacto positivo direto ao Estado, possibilitando a melhor alocação de recursos financeiros e pessoal empregado na atividade.

O modelo de controle de peso em rodovias brasileiras atualmente existente teve origem na implantação do Plano Nacional de Pesagem, pelo então Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), na década de 1970, e, segundo Marcos *et al.* (2019), hoje o sistema de pesagem é uma versão atualizada daquela lançada a mais de 40 anos, com uma infraestrutura física similar e a atualização parcial dos recursos tecnológicos. O atual procedimento é caracterizado por processos realizados de forma manual, baixa utilização de tecnologia na coleta de dados do peso veicular e deficiente conjunto de recursos tecnológicos integrados entre si, conhecido como Tecnologias da Informação e Comunicação.

É vasta a literatura que trata de temas correlatos, seja em uma abordagem mais pontual, destinada à avaliação de um tipo de equipamento, ou com uma visão mais sistêmica, expondo e comparando externalidades da prática do excesso de peso em rodovias. Mesmo com grande número de estudos sobre a temática, o modelo pouco se difere do adotado nos últimos 50 anos, conforme já descrito no parágrafo anterior.

Nesse contexto, o estudo busca realizar uma análise sistêmica de métodos, equipamentos e procedimentos, de forma a possibilitar a uma avaliação de modelos de aferição de peso em rodovias brasileiras, bem como propor melhorias e aperfeiçoamento destes, indicando os desafios, alternativas e inovações possíveis. No decorrer do estudo foi realizada pesquisa bibliográfica e elaborados três cenários, diferenciando-os de acordo com o quantitativo de tecnologia utilizada para aferição do peso veicular, possibilitando verificar o impacto da implantação de tecnologias, comparando os resultados e realizando-se a avaliação dos pontos críticos.

Com base na revisão sistemática da literatura e dados operacionais obtidos, foi possível identificar lacunas e propor modelos para aprimoramento do controle de peso, direcionando os esforços aos pontos cruciais para a melhoria da eficiência e eficácia do controle do transporte rodoviário de cargas. O aperfeiçoamento do modelo traz grande potencial de melhoria para questões relacionadas à segurança viária, desgaste do pavimento, manutenção das obras de arte especiais e emissão de gases do efeito estufa, impactando também nos gastos públicos alocados.

O presente trabalho está estruturado de forma a proporcionar ao leitor uma visão sistêmica da atividade de controle de peso em rodovias, expondo a legislação adotada, os equipamentos utilizados, os principais estudos observados na revisão da bibliografia e a relação do problema com outros fatores, assim como a análise e discussão dos resultados obtidos. A exposição possibilitará um melhor entendimento e conhecimento do tema, proporcionando uma análise mais assertiva e direcionada aos pontos que proporcionariam um maior impacto positivo na efetividade do controle de peso em rodovias, que é a problemática principal a ser tratada.

Para melhorar a efetividade do controle de peso, é necessário avaliar o desempenho do sistema, assim como as alternativas, melhorias e aprimoramentos possíveis. Nesse sentido, o trabalho apresenta uma análise bibliométrica a fim de identificar os fatores, procedimentos, legislação aplicada, tecnologias e metodologias adotadas, indicando fragilidades do atual modelo e identificando pontos da legislação que carecem de adequação.

Pelo exposto, é possível afirmar que esta dissertação possui grande potencial para contribuir e impulsionar uma discussão estruturada quanto ao papel do Estado no controle de peso em rodovias, tratando o tema de forma sistêmica e estruturada. Nesse contexto, o desafio é exatamente trazer um conteúdo de fácil compreensão, sendo claro e objetivo nas explanações, proporcionando aos atores os subsídios necessários para complementação e continuidade dos estudos apresentados.

1.1. Contextualização

De acordo com relatório apresentado pela Confederação Nacional de Transportes - CNT, 61,9% das rodovias avaliadas apresentaram algum tipo de problema no estado geral, 52,2% dos trechos avaliados têm problemas no pavimento, 58,9% dos trechos avaliados apresentam deficiência na sinalização e 62,1% dos trechos avaliados têm falhas na geometria (CNT, 2021).

Um dos principais motivos para a degradação da malha rodoviária e aceleração do desgaste do pavimento é a carga excessiva em veículos, aponta Réus *et al.* (2016). O controle de peso dos veículos é uma medida para prevenir a sobrecarga e, conseqüentemente, promover o aumento de vida útil dos pavimentos e evitar acidentes (Faruolo *et al.*, 2019), sendo o monitoramento ininterrupto e coibição permanente do excesso de peso fundamentais para o desenvolvimento e sustentabilidade do modo rodoviário (Bock e Brito, 2018).

Mesmo considerando que o controle de peso já é uma realidade no âmbito das rodovias brasileiras, observa-se a visível problemática que envolve a efetividade da atividade. Pelo exposto, torna-se necessário avaliar se o desempenho do sistema de fato cumpre seu objetivo, visto que a prática do transporte com excesso de peso ainda é uma realidade em todo território nacional e o fato que o modelo adotado na década de 1970 é passível de fraude e com escassas conseqüências aos infratores.

A manutenção de um sistema integrado e automatizado de aferição de peso que funcione ininterruptamente e garanta uma cobertura adequada das rodovias do Sistema Nacional de Viação - SNV é fundamental para a adequada circulação de bens e mercadorias, Ghisolfi *et al.* (2018) avaliou a relação entre o excesso de peso no transporte rodoviário de cargas e os custos associados às suas externalidades negativas, indicando que o excesso de peso aumenta a produtividade e os lucros da indústria do transporte, mas, por outro lado, gera ônus para a sociedade como a rápida deterioração dos pavimentos, aumento de gastos na manutenção viária e do índice de acidentes, causando insegurança nas viagens.

Considerando as vulnerabilidades existentes na infraestrutura de transportes terrestres brasileira, além da insuficiência de investimentos em melhorias e manutenção, há

incremento da vulnerabilidade frente aos eventos climáticos extremos, como a variação de temperatura e precipitação, o que acelera o processo de deterioração dos pavimentos, diminuindo significativamente a vida útil de ativos de transportes e de projeto dos investimentos logísticos. De acordo com Meyer (2018), os efeitos das mudanças dos níveis de precipitação poderão afetar fundações e pavimentações, especialmente quando os níveis de precipitação aumentarem significativamente em relação aos níveis atuais.

A avaliação de desempenho de sistemas de controle rodoviário de pesagem veicular é fundamental para contextualizar o atual cenário (Business as Usual) que se encontra o sistema de controle rodoviário em rodovias federais concedidas, sendo também a oportunidade para avaliar ferramentas, como Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs), procedimentos e métodos que propiciem o aprimoramento da fiscalização, tornando todo processo mais célere, menos oneroso ao Estado e aos transportadores, e também mais efetivo.

A avaliação do sistema de monitoramento de peso veicular atualmente adotado em rodovias federais concedidas, assim como as possíveis intervenções tecnológicas, operacionais e procedimentais que possam promover ganho de eficiência, contribui para um desenvolvimento mais sustentável da atividade.

A exposição de três cenários, o BAU – *Business as Usual* (atual), um segundo com implantação intermediária de tecnologias e um último cenário ideal, já com as boas práticas e inovações propostas, possibilitará uma análise crítica do modelo, assim como o impacto que tais inovações trarão à atividade.

Muito se discute sobre a pesagem, em especial sobre a implantação do sistema em alta velocidade, ou em inglês “*Hight Speed Weigh-in-Motion*” (*Hs-Wim*), na última década, sendo comum a publicação de estudos com expressão “*Weigh-in-Motion*”, por exemplo: (Burnos e Gajda, 2020); Feng, et al, 2020); Gajda, et al, 2012; Guo, et al, 2012; Jacob e Cottineau, 2016; Oskarbski e Kaszubowski, 2016 e Xiong e Zhang, 2019), o que aparenta ser um dos temas mais pesquisados e estudados nos últimos dez anos no que diz respeito ao controle de peso em veículos rodoviários, porém, ainda não há uma aplicabilidade coercitiva no Brasil.

Como trazido por Burnos e Rys (2017), vários fatores influenciam na utilização da pesagem em movimento em rodovias, indicando que os relacionados ao pavimento têm relevante influência na acuracidade dos sensores, em especial requisitos de temperatura e rugosidade presentes. Lizbetin *et al.* (2016), cita a questão da pesagem em movimento para o transporte ferroviário, onde são abordados conceitos e dinâmicas que se assemelham ao modo rodoviário, sendo o trabalho incluído nesse referencial.

Outros estudos, tais como trazidos por Radoicic *et al.* (2016), abordam também o uso de tecnologias embarcadas para controle e monitoramento do peso veicular, ferramentas conhecidas como telemetria, que possibilitam o autocontrole de peso e a verificação sem necessidade de abordagem ou passagem por sensores. Foi destacada que, embora existam semelhanças entre a pesagem em movimento e a pesagem embarcada, usadas para medições de peso de veículos em movimento, as soluções embarcadas têm certas vantagens, incluindo um monitoramento contínuo de mudanças de peso, porque são aplicadas dentro do próprio veículo e, portanto, não dependendo de locais para medição.

Helmi *et al.* (2019) buscaram elaborar uma análise direcionada aos fatores econômicos, trazendo uma abordagem voltada ao custo de manutenção da infraestrutura rodoviária causado pelo transporte de mercadorias com excesso de peso, observando que a taxa de dano é influenciada pela carga de tráfego de transporte.

Na literatura nacional, o tema que trata do controle de peso em veículos rodoviários foi abordado em diversos artigos científicos, dentre eles Meirelles *et al.* (2017) buscaram determinar os valores de sobrecarga existentes em um trecho rodoviário específico, Ghisolfi *et al.* (2018) avaliaram a relação entre práticas de carregamento com excesso de peso no transporte rodoviário e os custos associados às suas externalidades negativas e Franceschi *et al.* (2019) buscaram elaborar um processo multicritérios para apoio à localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias.

Marcos *et al.* (2019) realizou uma abordagem voltada à realização de diagnóstico técnico-operacionais para implementação de Postos de Pesagem Veicular (PPVs) com agente remoto, o que vai ao encontro do presente estudo, pois busca metodologias operacionais

para aperfeiçoar o modelo atual de monitoramento de peso nas rodovias, melhorando a alocação de pessoal e infraestrutura.

Trazendo grande interação entre o processo de pesagem e outros meios tecnológicos de monitoramento do fluxo rodoviário, Barbosa (2017) tratou da metodologia para o estabelecimento de diretrizes para a implantação do Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos – SINIAV, que possibilita a coleta automatizada de dados de tráfego e de carga, sendo de grande importância para implantação de um programa nacional de pesagem.

Observa-se a diversidade de estudos e materiais que tratam de forma pontual o processo de aferição de peso, porém não se observa um estudo avaliativo do atual modelo, possibilitando a análise do impacto trazido por aprimoramentos tecnológicos e operacionais ao efetivo controle de peso em rodovias. Por outro lado, não se observa o uso de tecnologia no modelo de controle atualmente empregado, como as abordadas por Yannis e Antoniou (2005), ele muito se assemelha ao realizado nas décadas de 70 e 80 do século passado, o que traz grande possibilidade de aprimoramento e otimização dos recursos empregados, possibilitando melhoria da eficiência de todo o processo de controle de peso.

1.2. Objetivos geral e específicos

Como objetivo geral, é avaliar o desempenho do sistema de controle de peso veicular em rodovias brasileiras e propor alternativas, melhorias e aprimoramento. Nesse contexto, o estudo foi direcionado a avaliar e identificar pontos que carecem de aprimoramento para melhorar a efetividade do controle do transporte rodoviário de cargas, propiciando uma discussão sistêmica, de forma a apoiar na tomada de decisão quanto ao desenvolvimento de políticas públicas adequada quanto ao tema.

Como objetivos específicos da pesquisa, têm-se: realizar análise bibliométrica a fim de identificar os fatores, procedimentos, legislação aplicada, tecnologias e metodologias que possam ser propostas para tornar o monitoramento de peso em rodovias mais eficaz; promover a coleta de informações reais com atores diretamente ligados à atividade de controle de peso por meio de entrevista; criar cenários a fim de avaliar questões

operacionais e financeiras de diferentes metodologias de controle de peso; indicar fragilidades do atual sistema de controle de peso; identificar pontos da legislação que carecem de adequação para aprimorar o modelo de pesagem atual; indicar melhorias possíveis e o impacto financeiro da implantação dessas; e, propor melhorias e novos estudos referente ao tema.

Também são objetivos específicos a apresentação de aspectos pontuais do sistema de pesagem em rodovias concedidas, traçando o panorama atual e desenvolvendo cenários comparativos de acordo com o nível de implantação tecnológica, consolidando estudos já realizados e ferramentas que isoladamente contribuem para um melhor controle do peso nas rodovias.

Finalmente, são apresentadas alternativas que possibilitem o aprimoramento do modelo empregado, fornecendo aos gestores públicos opções viáveis que promovam a melhoria da efetividade do sistema, possibilitando subsidiar a tomada de decisão e a elaboração de políticas públicas.

1.3. Justificativa

Pouco se evoluiu no modelo de aferição de peso desde quando, na década de 1970, o governo federal, por meio do então DNER, estabeleceu um Plano Nacional de Pesagem, com o intuito de associar o controle de sobrepeso nas rodovias federais do Brasil com a mínima perturbação do fluxo de tráfego (DNIT e LABTRANS, 2007). Por outro lado, muito se evoluiu nas tecnologias de comunicação e monitoramento, criando-se um descompasso e uma oportunidade.

Segundo Marcos *et al.* (2019), recentemente, três inovações tornaram-se viáveis para os PPVs da ANTT, sendo essas: a fiscalização remota, a Pista Seletiva *Hs-Wim* e a operação automatizada. Com as inovações citadas, percebe-se ser possível a implementação de uma versão atualizada dos PPVs introduzidos nos anos 70, com uma infraestrutura física similar e a atualização dos recursos tecnológicos.

A importância do tema é evidente, pois a prática do excesso de peso em veículos prejudica a segurança dos usuários das rodovias, compromete a durabilidade da infraestrutura de

pavimentos e de obras de arte, além de trazer impactos negativos à concorrência leal entre operadores e modais de transportes (Jacob e La Beaumelle, 2010). Propor aprimoramentos mais significativos e integrados ao modelo de controle atualmente existente acaba por trazer diversos aspectos positivos para toda a cadeia logística.

Conforme já trazido por Ghisolfi *et al.* (2019), apesar do excesso de peso aumentar a produtividade e os lucros da indústria do transporte de forma imediata, gera ônus para a sociedade com a deterioração das rodovias, aumento de gastos com manutenção viária, além da insegurança nas viagens, causada pelo aumento no índice de acidentes.

A necessidade de desburocratização dos sistemas de fiscalização rodoviária, garantindo maior fluidez do tráfego com menor tempo de parada dos veículos é fundamental, para isso estão em andamento algumas ações que podem contribuir para a diminuição do custo no Brasil ligado ao sistema de infraestrutura, como a conversão da documentação de transporte para meio digital, integração de bancos de dados governamentais, pesagem em alta velocidade, pesagem por agente remoto e automatização dos processos de fiscalização de carga por pórticos rodoviários, como já abordado por Barbosa (2017).

É fato a relação entre o excesso de peso e a deterioração do pavimento, segundo métodos estabelecidos pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO e reforçado por Chou (1996), essa relação obedece a lei da 4ª potência, onde um excesso de duas vezes o peso causa um dano oito vezes maior. Brito *et al.* (2013), indicou que uma via projetada para 15 anos, com sobrecargas de 5%, 7,5% e 10% terão sua vida útil reduzida significativamente. Ainda seguindo a lógica da 4ª potência, Réus *et al.* (2016), verificaram a redução de até 73,7% na vida útil do pavimento se exposto a uma carga acima de 20% do peso estabelecido por eixo.

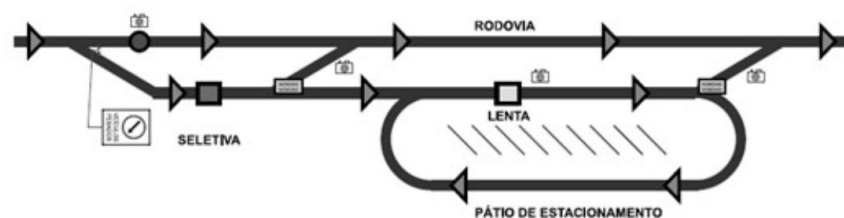
Conforme já apresentado por Marcos *et al.* (2019), o modelo atualmente utilizado para controle de peso se divide em cinco etapas, conforme figura 1.1 e descrição que segue:

- 1- Os veículos pesados, definidos por CONTRAN (2022) como: ônibus, microônibus, caminhão, caminhão-trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, reboque ou semirreboque e suas combinações, são direcionados à

faixa da direita para acesso ao posto de pesagem e processo de pré-seleção na Pista Seletiva.

- 2- Caso não seja detectada um potencial infração na passagem, o veículo é encaminhado a seguir viagem na rodovia.
- 3- Os veículos potencialmente infratores, pré-selecionados na Pista Seletiva, serão encaminhados automaticamente para a Pista de Precisão, onde é realizada a fiscalização dos limites de peso em velocidades de até 12 km/h.
- 4- Caso o resultado da pesagem de fiscalização não indique a necessidade de serem feitas medidas administrativas, o veículo será encaminhado para a saída do Posto, retornando à rodovia.
- 5- Quando uma infração é verificada na Pista de Precisão e há necessidade de transbordo e/ou de remanejamento, o veículo é encaminhado para o Pátio de Estacionamento. Após estacionar, o condutor se dirige ao Prédio Administrativo, onde obtém informações sobre a sua infração para viabilizar a regularização da carga.

QUADRO ESQUEMÁTICO DO POSTO DE PESAGEM DE VEÍCULOS



LEGENDA

⊥	PLACA DE SOLO EM SUPORTE DUPLO	●	CONTROLE DE FUGA NA RODOVIA
■	BALANÇA SELETIVA	▬	DISPOSITIVO LUMINOSO
□	BALANÇA LENTA	📷	REGISTRO DAS IMAGENS

Figura 1.1: Quadro esquemático do posto.

Fonte: CONTRAN (2022)

Percebe-se que mesmo depois de mais de quatro décadas, o modelo ainda utilizado para o controle de peso muito se assemelha ao definido no Plano Nacional de Pesagem na década de 1970, sendo um modelo que constitui uma versão atualizada dos PPVs introduzidos nos anos 70, com uma infraestrutura física similar e a atualização dos recursos tecnológicos, conforme já definido por Marcos *et al.* (2019).

Em todas as etapas, caso haja o descumprimento da orientação estabelecida na sinalização específica, haverá a configuração da infração de trânsito estabelecida pelo artigo 209 do Código Nacional de Trânsito, Brasil (1997), detectada por sistema automático não metrológico de fiscalização, conforme figura 1.2, constituído, conforme CONTRAN (2022), por conjunto de instrumentos ou equipamentos de controle não metrológico, o módulo detector veicular e o dispositivo registrador de imagem, que não necessitam da interferência do operador em qualquer das fases de seu funcionamento, conforme exemplificado na figura que segue.



Figura 1.2: Sistema de detecção automática de fugas.
Fonte: Adaptado pelo autor (2023)

Albano (2005) já destacava que o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), condicionaram a assinatura de contratos de empréstimos para aplicação de recursos na reconstrução e manutenção de infraestrutura pública ao cumprimento das exigências no que diz respeito ao planejamento das obras, ao controle de peso e à segurança de trânsito, destacando a importância do presente estudo.

A necessidade de rever o modelo implementado, incluindo melhorias operacionais e massivo uso de tecnologia é fundamental para uma adequada alocação dos escassos recursos públicos disponíveis, possibilitando desenvolver modelos que pouco necessitam da intervenção humana no processo, minimizando custos ao Estado e transportadores, reduzindo a possibilidade de erros e, o mais importante, tornando a checagem de peso automatizada e ininterrupta.

Outro ponto de igual destaque é o impacto ambiental decorrente, pois o aumento do consumo de combustível associado ao excesso de peso implica no consequente aumento das emissões de Gases do Efeito Estufa - GEE, impactando negativamente nas mudanças climáticas decorrentes do excesso de poluentes na atmosfera. É importante frisar que, ao estarem mais suscetíveis a se envolverem em acidentes, os veículos com excesso de peso que transportam produtos perigosos são também um potencial risco à ocorrência de desastres ambientais, sendo comum o transporte de produtos nocivos ao meio ambiente, fauna e seres humanos.

A pesquisa possibilitará subsidiar políticas públicas que terão representativo impacto positivo, não só no controle de peso em veículos, mas também em todo o sistema logístico brasileiro, reduzindo custos com a movimentação de bens, trazendo segurança para o sistema rodoviário, diminuindo a evasão fiscal e possibilitando a competição equânime entre transportadores.

1.4. Delimitação da pesquisa

No desenvolvimento da presente pesquisa serão consideradas somente as rodovias federais concedidas à iniciativa privada e administradas pela ANTT, totalizam pouco mais de treze mil quilômetros de vias, divididas em vinte e quatro contratos de concessão, essa escolha se dá pela disponibilidade de dados para a pesquisa e familiaridade do autor. Apesar de representar cerca de 20% da malha pavimentada, percebe-se que se trata dos principais corredores logísticos do Brasil, visto o elevado fluxo de veículos e valores em mercadorias que por elas passam.

A pesquisa será direcionada para avaliar a sistemática de monitoramento de peso do sistema rodoviário federal concedido à iniciativa privada, visto que a inclusão de estados e municípios tornaria o escopo demasiadamente amplo. Vale destacar que existem dois nichos com particularidades bem distintas no sistema rodoviário federal, a malha concedida e a administrada pelo Estado, sendo trazida para a pesquisa somente a malha concedida.

As rodovias concedidas são administradas por empresas privadas, contando com elevado volume de recursos próprios oriundos de cobrança de pedágio, garantindo adequação e

atualização tecnológica, assim como investimentos mais robustos ao longo do período de concessão, já as administradas pelo Estado estão mais suscetíveis às variações econômicas e políticas públicas definidas por governos eleitos, contando com menor nível de investimento, com especial destaque para a manutenção, operação e conservação, o que dificulta uma abordagem unificada das duas realidades expostas.

A pesquisa será orientada com base no cenário dos últimos cinco anos, uma vez que o avanço tecnológico recente transformou rapidamente o modo de atuação, tornando mais fácil e menos oneroso o acesso aos recursos que são necessários à automação do processo de controle de peso veicular em rodovias.

1.5. Estrutura da pesquisa

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos, tal como se mostra a seguir:

Capítulo 1: Denominado introdução, apresenta o contexto do tema de estudo, problema da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, justificativa, os resultados esperados e a estrutura da pesquisa.

Capítulo 2: Trata-se da revisão da literatura, onde é estabelecido o estado da arte sobre pesagem veicular e temas correlatos, enriquecendo o material e possibilitando uma melhor percepção transversal do escopo apresentado.

Devido ao volume de material disponível e a importância dos temas avaliados, os assuntos foram abordados nos seguintes tópicos: Caracterização do sistema de pesagem no Brasil - normas e regulamentos; Normas metrológicas aplicadas; O excesso de peso e o desgaste do pavimento; Os aspectos econômicos e sociais; Sistema em alta velocidade (*“Hight Speed Weigh-in-Motion” (Hs-Wim)*); O uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport System – ITS*) no monitoramento, telemetria e controle de veículos e Documentos eletrônicos utilizado no transporte rodoviário de cargas.

Capítulo 3 e 4: Tratam do procedimento metodológico e aplicação do procedimento, respectivamente, momento que é abordado o procedimento metodológico desenvolvido,

indicando a forma na qual a pesquisa foi elaborada, permeando aspectos da análise bibliométrica, revisão sistemática e forma de coleta de dados.

No tópico é possível observar a estratégia adotada pelo autor para obter os dados necessários ao desenvolvimento do trabalho, assim como as fases de pesquisa, demonstrando a técnica acadêmica e a aplicação do procedimento seguido.

Na presente dissertação, o tópico foi ramificado na explanação das seguintes etapas do trabalho: Definição da área de estudo e planejamento; Aplicação de questionário semiestruturado; Análise bibliométrica, levantamento e obtenção dos dados; Tratamento dos dados e definição de indicadores; Construção de cenários e Análise e discussão dos resultados

Capítulo 5: Aborda a construção de cenários, onde é realizada a análise dos possíveis cenários: o BAU – *Business as Usual* (atual), um segundo com o cumprimento das legislações vigentes, com limitada aplicação de tecnologias e um último cenário ideal já com as boas práticas e inovações propostas.

Capítulo 6: Momento que é realizada a análise e discussão dos resultados, com a estipulação dos possíveis cenários e avaliações. Nesse momento será possível validar os modelos e cenários possíveis, comparando-os quanto à efetividade e custos operacionais, discutindo-se quanto a aplicabilidade, soluções possíveis e demais fatores relevantes que foram abordados no estudo.

Capítulo 7: Finalmente são apresentadas as conclusões e recomendações. Este capítulo apresenta as conclusões da pesquisa, assim como as recomendações para trabalhos futuros, proposições de encaminhamento e os pontos relevantes do estudo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esse capítulo busca realizar a revisão de literatura, tendo como principal objetivo a apresentação dos métodos e conceitos desenvolvidos em estudos anteriores que abordam de forma direta ou indireta o assunto tratado na presente dissertação. A revisão é fundamental para melhor compreender e contextualizar o atual cenário (*Business as Usual*) que se encontram os sistemas de controle rodoviário de peso em rodovias, sendo também a oportunidade para avaliar ferramentas, como Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs), procedimentos e métodos que propiciem o aprimoramento do controle.

A revisão será segregada em sete tópicos, sendo: Caracterização do sistema de pesagem no Brasil - normas e regulamentos; O excesso de peso e o desgaste do pavimento; Os aspectos econômicos e sociais; Sistema em alta velocidade (“*Hight Speed Weigh-in-Motion*” (*Hs-Wim*)); O uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport System* – ITS) no monitoramento, telemetria e controle de veículos; Documentos eletrônicos utilizado no transporte rodoviário de cargas e, por fim, a análise e síntese.

2.1. Caracterização do sistema de pesagem no Brasil - normas e regulamentos

Conforme abordado por Romeiro Júnior *et al.* (2019), até 2001, o DNER era a instituição responsável pelo controle de peso em vias federais, com sua extinção a atribuição foi transferida para o DNIT e para a ANTT, ambos atualmente vinculados ao Ministério dos Transportes, cujas atribuições se distinguem entre as vias federais administradas diretamente pela União e as concedidas à administração privada, respectivamente.

Brito *et al.* (2014) e Bosso (2018) enfatizaram ainda os programas nacionais de ampliação da pesagem, sendo que em 1975, o então DNER planejou implantar 132 postos onde a pesagem acontecia em movimento, sendo uma grande evolução, visto que anteriormente a medição se dava com o veículo parado em uma plataforma de pesagem. Apesar do planejamento, apenas 73 instalações foram operacionalizadas, atingindo um pouco mais de 50% do volume planejado.

Atualmente, o controle de peso no Brasil é regido pelo Código de Trânsito Brasileiro – CTB (Brasil (1997)) e por regulamentos infralegais, como os expedidos pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, Secretaria Nacional de Trânsito – SENATRAN (antigo DENATRAN), ANTT e DNIT. O Artigo 99 do CTB estabelece que “somente poderá transitar pelas vias terrestres os veículos cujo peso e dimensões atenderem aos limites estabelecidos pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN)”, já o Artigo 100 define que “nenhum veículo ou combinação de veículos poderá transitar com lotação de passageiros, com peso bruto total, ou com peso bruto total combinado com peso por eixo, superior ao fixado pelo fabricante, nem ultrapassar a capacidade máxima de tração da unidade tratora.”

O conceito de limite legal estabelecido por CONTRAN (2021) corrobora o prescrito no art. 99 do CTB, o qual estabelece que somente poderá transitar pelas vias terrestres o veículo cujo peso e dimensões atenderem aos limites estabelecidos pelo CONTRAN. Por sua vez, a definição de limite técnico atende o exposto no art. 100 do CTB, onde determina-se que nenhum veículo ou combinação de veículo de carga poderá transitar com lotação de passageiros, peso bruto total ou peso bruto total combinado com peso por eixo, superior ao fixado pelo fabricante nem ultrapassar a capacidade máxima de unidade de tração motora.

Os limites legais possuem um caráter mais generalizado, relacionado com a configuração do veículo, e, por isso, assumem um conceito de limites máximos permitidos. Já o limite técnico, por ser determinado pelo fabricante, é específico para cada modelo de veículo, considerando toda a sua estrutura, como o chassi, o sistema de frenagem e demais itens do veículo.

Caso haja divergências entre os valores do limite legal e do limite técnico, deverá ser considerado, para fins de apuração de infração, o menor valor entre eles, ou seja, o limite regulamentar. Observa-se a existência de quatro nomenclaturas distintas para estabelecimento dos limites de peso dos veículos, sendo o limite legal, o limite técnico, limite regulamentar e o limite autorizado, sendo:

- Limite legal: pesos e capacidades máximas estabelecidos em regulamento, observado limite estabelecido pela sinalização da via;

- Limite técnico: pesos e capacidades máximas informados pelo fabricante, importador, transformador ou implementador;
- Limite regulamentar: menor valor entre o limite legal e o limite técnico e, para veículos portadores de Autorização Especial de Trânsito - AET ou Autorização Especial - AE, o menor valor entre o limite autorizado e o limite técnico; e
- Limite autorizado: pesos e capacidades máximas e dimensões estabelecidas na AET ou AE, expedida pela autoridade com circunscrição sobre a via.

Os limites de peso transmitido por eixo de veículo estabelecido por CONTRAN (2021), conforme tabelas 2.1 e 2.2 que seguem.

Tabela 2.1: Limites Máximos de Peso por Eixo
Fonte: Elaboração própria (2023)

Item	Tipo de Configuração	D Distância entre eixos (m)	Limite Res. nº 882/21 Peso máximo (t)	Limite com 12,5% da Lei n. 14.229/21 (t)
A	Eixo isolado de 2 pneumáticos	-	6	6,75
B	Eixo isolado de 4 pneumáticos	-	10	11,25
C	Conjunto de 2 eixos direcionais com 2 pneumáticos cada	$D \geq 1,20$	12	13,5
D	Conjunto de 2 eixos em tandem	$1,20 < D \leq 2,40$	17	19,125
E	Conjunto de 2 eixos não em tandem	$1,20 < D \leq 2,40$	15	16,875
F	Conjunto de 3 eixos em tandem	$1,20 < D \leq 2,40$	25,5	28,688
G	Conjunto de 2 eixos, sendo um dotado de 4 pneumáticos e outro de 2 pneumáticos interligados por suspensão especial	$D \leq 1,20$	9	10,125
H	Conjunto de 2 eixos, sendo um dotado de 4 pneumáticos e outro de 2 pneumáticos interligados por suspensão especial	$1,20 < D \leq 2,40$	13,5	15,188

Tabela 2.2: Limites Máximos de Peso por Eixo em Ônibus
Fonte: Elaboração própria (2023)

Item	Tipo de configuração	Distância entre eixos	Limite Res. nº 882/21 Peso máximo (t)	Limite com 12,5% Lei n. 14.229/21 (t)
A	Eixo simples com 2 pneumáticos	-	7	7,875
B	Eixo simples com 4 pneumáticos	-	11	12,375
C	Conjunto de 2 eixos direcionais com 2 pneumáticos cada	$D \leq 1,20$	13	14,625
D	Eixo duplo com 8 pneumáticos	-	18	20,250
E	Eixo duplo com 6 pneumáticos	-	14,5	16,25

O art. 49 de CONTRAN (2021) prevê que a fiscalização de veículos pesados pode ser feita por equipamento de pesagem, sendo os postos de pesagens são dotados de balanças de pesagem dinâmica, sendo que, cada pesagem executada é associada a um registro distinto no sistema de pesagem, devendo o equipamento ser aprovado pelo INMETRO.

Admite-se, para fins de tolerância na pesagem por equipamento, 5% sobre os limites de Peso Bruto Total - PBT ou Peso Bruto Total Combinado - PBTC e 12,5% sobre os limites de peso bruto transmitido por eixo de veículos. Os veículos com PBT ou PBTC regulamentar igual ou inferior a 50 toneladas serão fiscalizados somente quanto ao PBT ou PBTC aplicada a tolerância de 5% sobre eles, contudo, se ultrapassar esses limites, esse mesmo veículo também será fiscalizado quanto ao excesso de peso por eixo.

Na fiscalização por equipamento, ocorrendo o excesso de PBT/PBTC, esse é apurado automaticamente pelos sistemas de pesagem, devendo o agente certificar-se de que o limite de PBT/PBTC atribuído está correto, sempre observando o menor limite possível. O art. 50 de CONTRAN (2021) estabeleceu tolerância de 5% sobre os limites de PBT ou PBTC nas fiscalizações de excesso de peso por equipamento, caso seja ultrapassada essa tolerância, o veículo deverá efetuar transbordo do que excedê-la.

Utilizando-se de equipamento de pesagem, os excessos de peso em eixos ou grupos de eixos, tal como para o PBT/PBTC, também são apurados, onde Brasil (2021-2) e o art. 50 de CONTRAN (2021) definiram que a tolerância sobre os limites de peso bruto transmitido por eixo à superfície das vias públicas será de 12,5%.

Também é verificado um possível excesso na Capacidade Máxima de Tração - CMT a partir dos valores de PBT/PBTC apresentados na pesagem de cada veículo. Conforme o art. 5º de CONTRAN (2021), a CMT é definida como o peso máximo que a unidade de tração é capaz de tracionar indicado pelo fabricante, que se baseia nas limitações de geração e multiplicação de momento de força e resistência dos elementos que compõem o sistema de transmissão. O excesso em CMT é um indicador de que a estrutura do veículo se encontra em estado crítico e constitui-se em fator de risco para a segurança viária, não havendo possibilidade de o veículo prosseguir viagem sem a execução dessa medida.

Existe uma faixa de progressão na aplicação da penalidade prevista pelo art. 231, V, do CTB, a qual é considerada como infração de natureza média e, de acordo com o art. 258, é punida com multa no valor de R\$130,16 (cento e trinta reais e dezesseis centavos).

CONTRAN (2021) estabeleceu a progressão na penalidade e esclarece a metodologia para o cálculo do valor dessas infrações, conforme tabela 2.3 e 2.4 que seguem:

Tabela 2.3: Cálculo do valor da multa por excesso na CMT
Fonte: Elaboração própria (2023)

TABELA PARA EXCESSOS NO CMT			
EXCESSOS	INFRAÇÃO	INFRATOR	VALOR(R\$)
Até 600 Kg	Média	Proprietário	R\$130,16
De 601 Kg a 1000 Kg	Grave	Proprietário	R\$195,23
Acima de 1000 Kg	Gravíssima	Proprietário	R\$ 293,47 aplicado a cada 500 Kg de excesso

Tabela 2.4: Cálculo do valor da multa por excesso de peso
Fonte: Elaboração própria (2023)

TABELA PARA EXCESSOS NO PBT/PBTC e EIXOS			
EXCESSOS	INFRAÇÃO/INFRATOR	MULTA (R\$)	ACRÉSCIMO A FRAÇÃO DE 200 kg (R\$)
Até 600kg	Infração Média Embarcador/Transportador	130,16	5,32
De 601kg a 800kg		130,16	10,64
De 801kg a 1000kg		130,16	21,28
De 1001kg a 3000kg		130,16	31,92
De 3001kg a 5000kg		130,16	42,56
Acima de 5001kg		130,16	53,2

O § 5º do art. 257 do Código de Trânsito Brasileiro estabelece que o transportador responde pela infração relativa ao transporte de carga com excesso de peso nos eixos ou quando a carga proveniente de mais de um embarcador ultrapassar o peso bruto total. Logo, o transportador sempre responderá pela infração relativa ao excesso de peso nos eixos, salvo quando a infração couber ao embarcador, conforme § 4º do art. 257.

O § 6º de Brasil (1997) impõe a responsabilidade solidária entre embarcador e transportador sempre que ocorrer excesso em PBT/PBTC e o peso declarado no documento fiscal for superior ao limite legal. Este limite legal corresponde ao Peso Autorizado (menor valor entre o limite técnico e legal), desconsiderada a tolerância. Na prática, a solidariedade se impõe sempre que o veículo apresentar excesso de peso pelo documento fiscal, salvo nos casos em que houver mais de um embarcador, caso em que é aplicado o § 5º do art. 257.

Brasil (1997) estabelece que o proprietário assume a qualificação de embarcador ou transportador quando ocorrer excesso em PBT/PBTC em veículo que não está portando qualquer documento fiscal ou este não contiver a informação do peso e quando ocorrer excesso em eixos ou grupos de eixos sem porte dos documentos fiscais. Nestes casos, para a devida qualificação do infrator no AIT, o proprietário ou possuidor do veículo (nos casos de arrendamento do veículo) será qualificado como transportador.

Segundo CONTRAN (2015), o quadro de infratores de excesso de peso é definido de acordo com a característica do transporte e a relação documental apresentada, sendo exposto no quadro 2.1 que segue, da seguinte maneira:

Quadro 2.1: Definição de Infratores
Fonte: Resolução CONTRAN nº 547/2015

Possibilidades		Responsável pelo Excesso no PBT/PBTC Cód. 683-11	Responsável pelo Excesso nos Eixos Cód. 683-12	Responsável pelo Excesso Simultâneo de Eixo e PBT/PBTC Cód. 683-13
Mercadoria sem Documento Fiscal		transportador	transportador	transportador
Único Remetente	peso declarado inferior ao verificado	embarcador	embarcador	embarcador
	peso não declarado	transportador	transportador	transportador
	peso declarado superior ao limite legal	embarcador e transportador solidariamente	embarcador e transportador solidariamente	embarcador e transportador solidariamente
Vários Remetentes	independe qual o peso declarado	transportador	transportador	transportador

Percebe-se que a aplicação do normativo não é direta, sendo necessário verificar as circunstâncias para identificar o responsável pela infração. Nesse contexto, a figura 2.1 ilustra o fluxo utilizado para identificação do infrator responsável pelo excesso de peso constatado, sendo um fluxograma sequencial de fácil compreensão:

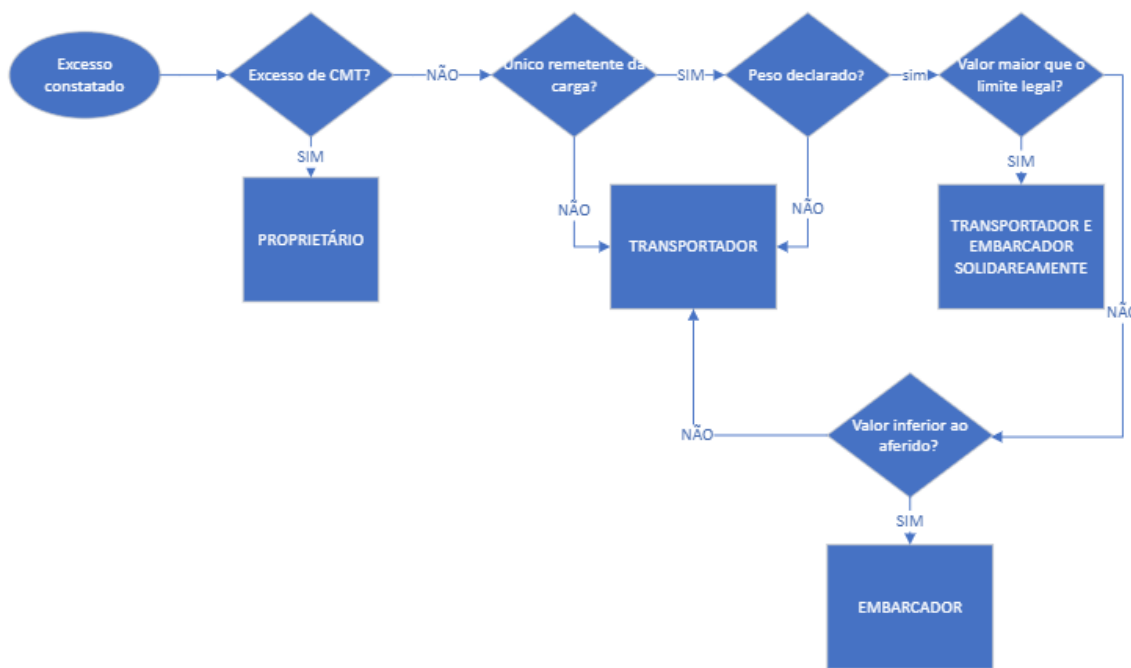


Figura 2.1: Fluxograma Definição do Infrator
 Fonte: Elaboração própria (2023)

ANTT (2017) estabeleceu diretrizes técnicas e parâmetros específicos sobre as operações remotas em PPV, a qual se traduz pela realização da fiscalização em local distinto daquele destinado à pesagem do veículo e demais fiscalizações correlatas da ANTT, não existindo impedimento legal quanto a localização física do servidor, podendo estar remotamente, desde que mantenha ininterrupto contato e monitoramento das atividades.

Ao detalhar e ampliar a Resolução do CONTRAN que trata sobre o uso de sistema eletrônico integrado para a fiscalização de peso e dimensões de veículo, e dispensa a presença da autoridade de trânsito ou de seu agente no local de pesagem, a ANTT possibilitou que as concessionárias de rodovias passassem a ter uma referência contratual e o setor possuísse o detalhamento necessário para implantar o modelo de operação remota dos PPVs.

ANTT (2017) definiu ainda que a operação remota é a modalidade de fiscalização por meio da utilização dos Sistemas Automatizados Integrados (SAI) que são um conjunto de sistemas e subsistemas que viabilizam a fiscalização e o controle do excesso de peso além de permitirem a realização de operações de pesagem dos veículos, dentre outras, de forma integrada e remota.

Foram definidos nove sistemas que aglutinados formariam o conjunto de equipamentos e tecnologias para a mudança da metodologia, sendo os sistemas de: Pesagem; Classificação Veicular; Controle Automático de Dimensão de Veículos; Identificação Veicular; Orientação ao Condutor; Informação; Monitoramento e Fiscalização; Registro e Armazenamento de Dados; e Gerenciamento da Operação e Fiscalização.

Na prática, o que difere a operação remota do modelo presencial, aquele com grande intervenção humana historicamente desenvolvido é o conjunto básico de tecnologias que possibilitam o monitoramento em tempo real, leitura automatizada de placas e registros gerais também automatizados, mantendo-se a mesma estrutura física e lógica operacional da década de 1970.

Quanto aos veículos, SENATRAN (2022) homologou as Combinações de Veículos de Cargas - CVC e de passageiros, assim como àquelas que necessitam de AET para circular. A autoridade emitente da AET para trânsito em rodovias federais é o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), onde DNIT (2022) trata sobre o uso em rodovias federais de veículos ou combinações de veículos e equipamentos, destinados ao transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso ou dimensões, assim como daqueles que necessitam de autorização específica para circular.

Quanto a modalidade de controle e monitoramento do peso em veículos rodoviários no Brasil, até o ano de 2021 existiam basicamente duas formas de se realizar, uma moldada nos moldes trazidos pelo Plano Nacional de Pesagem da década de 1970, com um processo totalmente manual e grande intervenção humana e uma segunda baseada no uso de tecnologias para possibilitar a operação remota das instalações.

Apesar de muito estudado e discutido no Brasil, o modelo de fiscalização em alta velocidade, conhecido com *Hs-Wim*, não é possível de ser utilizado para fins de fiscalização coercitiva, o que será detalhado em seguida.

Os veículos e combinações de veículos aptos a transitarem nas vias abertas são previamente homologados, com a indicação de seus respectivos limites de comprimento, PBT, PBTC e peso máximo distribuído por eixo ou conjunto de eixos, para isso a

SENATRAN detalhou em SENATRAN (2022). De forma simplificada, a definição do código do veículo se dá pela característica, conforme discriminação no quadro 2.2 que segue:

Quadro 2.2: Código de Identificação de Classes de Veículos – DENATRAN
Fonte: Portaria SENATRAN nº 268/2023

C	Caminhão
CR	Caminhão + Reboque
CTS	Caminhão Trator + Semirreboque
CTSR	Caminhão Trator + Semirreboque + Reboque
CTSR+	Caminhão Trator + Semirreboque + Reboque que necessita de AET
CTSS+	Caminhão Trator + 2 Semirreboques que necessita de AET
CTSSS+	Caminhão Trator + 3 Semirreboques que necessita de AET
CTSRr+	Caminhão Trator + Semirreboque + Reboque com rala que necessita de AET
CR+	Caminhão + Reboque que necessita de AET
CRR+	Caminhão + 2 Reboques que necessita de AET
OU	Ônibus Urbano
OUA	Ônibus Urbano Articulado
OUR	Ônibus Urbano com Reboque
OUA+	Ônibus Urbano Articulado que necessita de AET
OUB+	Ônibus Urbano Bi-Articulado que necessita de AET
ORC	Ônibus Rodoviário Convencional
ORR	Ônibus Rodoviário com Reboque

Buscando indicar o rol de veículos e combinações de veículos que possuem autorização para trafegar, historicamente é publicado normativo que detalha, inclusive com o uso de figuras, os veículos homologados. Como exemplo, a figura 2.2 apresenta alguns veículos homologados para o transporte, sendo um total de mais de 150 veículos descritos em SENATRAN (2022).

COMPOSIÇÕES HOMOLOGADAS PARA O TRANSPORTE DE CARGAS										
Caminhão	Peso máximo por eixo ou conjunto de eixos (t)	PBT E PBTC (t)						Comprimento máximo (m)		
		Comprimento total (m)								
		Inferior ou igual a 14,0	Inferior a 16,0	Superior ou igual a 16,0	Inferior a 17,5	Superior ou igual a 17,5	Superior ou igual a 19,8		Superior ou igual a 25,0	
C1			6 + 6 = 12	12						14,00
C2			6 + 10 = 16	16						
C3			6 + 17 = 23	23						
C4			6 + 13,5 = 19,5	19,5						
C5			6 + 13,5 = 19,5	19,5						
C6			12 + 10	22						
C7			12 + 17 = 29	29						
C8			12 + 13,5 = 25,5	25,5						
C9			12 + 13,5 = 25,5	25,5						
COMPOSIÇÕES HOMOLOGADAS PARA O TRANSPORTE DE CARGAS										
Caminhão Trator + Semirreboque	Peso máximo por eixo ou conjunto de eixos (t)	PBT E PBTC (t)						Comprimento máximo (m)		
		Comprimento total (m)								
		Inferior ou igual a 14,0	Inferior a 16,0	Superior ou igual a 16,0	Inferior a 17,5	Superior ou igual a 17,5	Superior ou igual a 19,8		Superior ou igual a 25,0	
CTS1			6 + 10 + 10 = 26		26	26				18,60

Figura 2.2: Veículos homologados para o transporte.
Fonte: Portaria SENTRAN nº 268/2022.

2.1.1 Normas metrológicas aplicadas

As normas metrológicas que estabelecem as regras e requisitos para um equipamento ser utilizado para medições são estabelecidas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO, recebendo essa atribuição por meio de Brasil (1999), onde o Instituto foi definido como uma autarquia vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior com competência para, elaborar e expedir: regulamentos técnicos nas áreas que lhe forem determinadas pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro, regulamentos técnicos que disponham sobre o controle metrológico legal, abrangendo instrumentos de medição e, com exclusividade, exercer o poder de polícia administrativa na área de Metrologia Legal em todo o território nacional.

Previamente à Brasil (1999), foi instituído o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial por Brasil (1973), essa lei criou o INMETRO e o Conmetro, possuindo diversas competências, em especial: a formulação da política nacional de metrologia, o estabelecimento de normas referentes a materiais e produtos industriais, a fixação de critérios e procedimentos para certificação da qualidade de materiais e produtos industriais.

Quando se fala em pesagem veicular, todo equipamento deve ser previamente aprovado pelo INMETRO para que possa ser comercializado e instalado para fins de aferição de peso, especialmente quando essa medição for subsidiar a aplicação de infração ou medidas cautelares por parte do Estado, sendo uma obrigação dos fabricantes submeter o pedido com todos os requisitos atendidos, possibilitando a publicação de portaria de aprovação do modelo.

O Regulamento Técnico Metrológico - RTM para instrumentos de pesagem automáticos de veículos rodoviários em movimento é o definido em INMETRO (2022-1), aplicando aos instrumentos que são utilizados na determinação e indicação do PBT, eixo e conjunto de eixos em movimento por instituições que fiscalizam o peso veicular. Os instrumentos obrigatoriamente devem atender aos requisitos técnicos e metrológicos, devendo a velocidade de operação ser indicada, assim como as características gerais dele.

A norma estabelece que qualquer instrumento metrológico somente poderá ser utilizado se estiver em conformidade com um modelo aprovado, devendo seguir estritamente o RTM e demais normas, passando por processo de avaliação que avaliará a conformidade com os requisitos de todos os documentos apresentados pela empresa demandante, colocando à disposição do INMETRO toda infraestrutura necessária para a realização de teste em campo, como veículos, profissionais e o equipamento a ser avaliado.

INMETRO (2022) trata da verificação de instrumentos automáticos de pesagem de veículos rodoviários, estabelecendo os procedimentos que devem ser adotados na verificação de instrumentos de pesagem automáticos de veículos rodoviários em movimento. Após cumprimento de todas as normas e exigências do RTM, a empresa fabricante demanda a aprovação do equipamento, momento que há a validação dos dados e, estando em conformidade, é publicada uma portaria indicando a aprovação e as características do equipamento.

Como exemplo de norma de aprovação de modelo de equipamento, pode ser citado INMETRO (2022), nela são citadas as principais características do equipamento avaliado e as características metrológicas e esquema básico das vistas em perspectiva do esquema

de instalação e demais itens que fazem parte do conjunto de itens que forma o equipamento de pesagem avaliado, conforme observado nas figuras 2.3 e 2.4.



Figura 2.3: Placa de identificação com características metrológicas.
Fonte: INMETRO (2022)

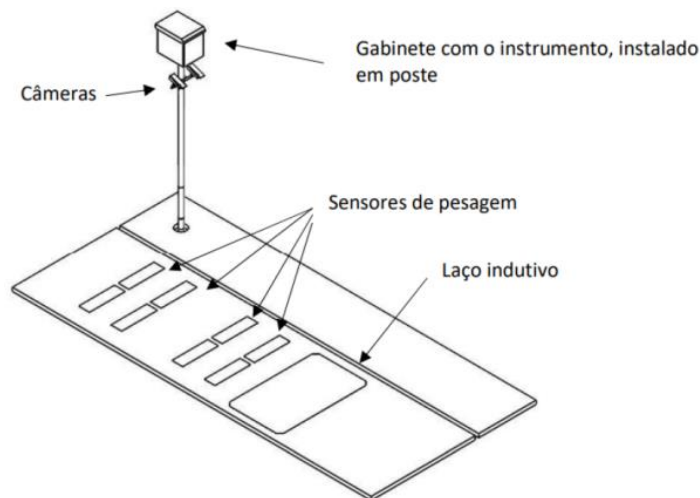


Figura 2.4 :Vista em perspectiva da instalação.
Fonte: INMETRO (2022)

Após a aprovação do modelo, a empresa passa a estar autorizada a comercializar o produto e solicitar ao INMETRO ou ao Instituto em nível Estadual correspondente a verificação metrológica em campo, de forma a atestar o adequado funcionamento e adequação aos parâmetros aprovados pela portaria de aprovação, conforme demonstrado na figura 2.5.

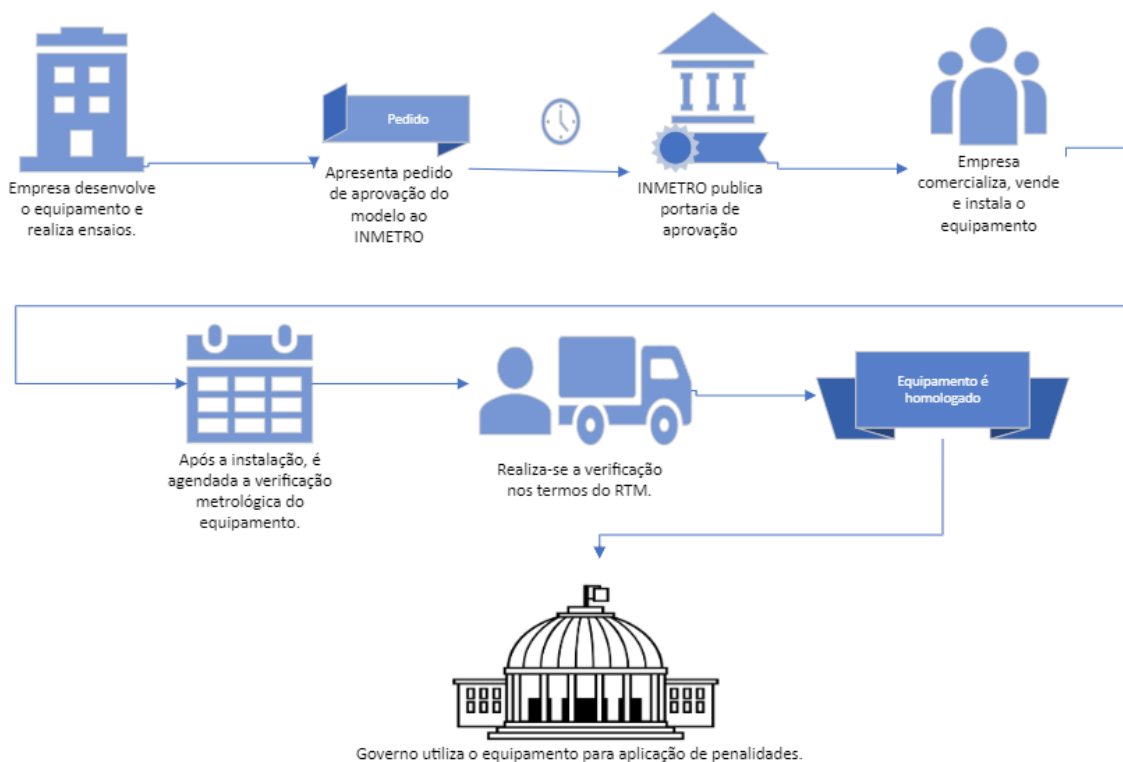


Figura 2.5: Processo de aprovação do equipamento de pesagem.
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Para a avaliação metrológica, o INMETRO publicou INMETRO (2022-1), este é o RTM consolidado aplicado aos instrumentos de pesagem automáticos de veículos rodoviários em movimento, devendo os instrumentos serem submetidos à verificação inicial antes do início da sua utilização, de forma a comprovar a conformidade do instrumento com sua portaria de aprovação de modelo, assim como a garantia da integridade dos dados, certificando que não sejam possíveis alterações, intencionais ou não intencionais, durante o uso, reparo, manutenção, transferência ou armazenamento.

A referida portaria também estabelece o erro máximo admissível de acordo com o tipo de medição realizada, diferenciando entre o PBT, por eixo isolado ou conjunto de eixos, conforme tabela 2.5 e 2.6 que seguem.

Tabela 2.5: Erro máximo admissível da massa do veículo
 Fonte: INMETRO (2022-1)

Porcentagem do valor verdadeiro convencional da massa do veículo (7.6)		
Classes de exatidão	Aprovação de Modelo, verificação inicial e verificação subsequente (\pm)	Supervisão metrológica (\pm)
1	2,50%	5,00%
2	3,50%	7,00%
3	5,00%	10,00%

Tabela 2.6: Erro máximo admissível para eixo e conjunto de eixos
 Fonte: INMETRO (2022-1)

Porcentagem da média corrigida da carga por eixo e conjunto de eixos (7.10)		
Classes de exatidão	Aprovação de Modelo, verificação inicial e verificação subsequente (\pm)	Supervisão metrológica (\pm)
A	4,00%	8,00%
B	6,00%	12,00%
C	8,00%	16,00%

A verificação metrológica é realizada com diferentes veículos e em velocidade compatível com aquela aprovada para o equipamento, não podendo ultrapassar o erro máximo admissível em nenhuma das medições. Se aprovado no ensaio metrológico, o equipamento recebe o certificado de verificação metrológica correspondente, conforme figura 2.6, devendo ele ficar disponível ao público, sendo seus dados básicos inseridos nos processos de autuação que o equipamento for utilizado como ferramenta de fiscalização do peso em veículos rodoviários.


 Serviço Público Federal MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS - MDIC INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO		REGISTRO DE MEDIÇÕES	Nº 046/2019	Página: 1 / 4
Instrumento:		Instrumento de pesagem de veículos em movimento		
Natureza do trabalho:		Verificação Metroológica		
Fabricante (ou interessado):		97579 - ECO101 CONCESSIONARIA DE RODOVIAS S/A		
Endereço:		AV. CORONEL MANOEL NUNES - SN KM 264 BR101		
Bairro:		Laranjeiras Velha		
Município:		Serra		UF: ES
Fone:		31822600		Fax:
CNPJ n.º:		15.484.093/0001-44		
CEP:		29162-155		
Descrição do Instrumento:				
Marca:	TOLEDO	Modelo:	RODOWIN 12F	
Nº Inmetro:	11879223	Série:	11333987	
Carga Máxima:	30000kg	Valor de Divisão:	10kg	
Ident. Placa 1:	10982184	Velocidade Máxima:	12km/h	
		Ident. Placa 2:	10982185	
Descrição do Trabalho:				
Ensaio executado conforme metodologia para verificação/ensaio descrita na Portaria de Aprovação de Modelo.				
Veículos utilizados na verificação:				
Licença: Efy1927.MUB2290			Valores de Referência	
			PBT 1: 22880 kg	
			PBT 2: 35620 kg	
			PBT 3: 43960 kg	
Local da Pesagem:				
BR101 KM 137 +800 M Sentido SUL/ARACRUZ Município: LINHARES UF: ES				
Parâmetros do Instrumento: (Constantes de Sensibilidade) - EM ANEXO.				
Resultado: APROVADO				
Selos e Marcas Oficiais				
Selo: G7975190-7		Marca de Verificação: 1521433		

Figura 2.6: Laudo de verificação metrológica e exemplo de ensaio.
 Fonte: Registro de medições e resultado nº 046/2019

Os sistemas de pesagem veicular já possuem regulamentação e equipamentos homologados desde o século passado, sendo um processo já regularmente implementado, seja no setor privado, para uso comercial e controle de frota, e no setor público, onde se fiscaliza os veículos em trânsito nas rodovias. Por outro lado, não se observa um RTM específico que possibilite o modelo de equipamento a ser utilizado na medição de dimensões dos veículos em movimento, o que difere substancialmente da medição estática realizada com fitas métricas ou equipamento similar.

Mesmo a utilização de equipamentos com medidas materializadas de comprimento de uso geral como as fitas métricas de aço, fibra de vidro, plástico ou outro material ficou prejudicada, INMETRO (2021) que estabelecia os critérios a serem observados na fabricação e utilização, foi suspensa por INMETRO (2022-2).

Existem duas infrações previstas em Brasil (1997), sendo ambas no Art. 231, a primeira por transitar com o veículo com suas dimensões ou de sua carga superiores aos limites estabelecidos legalmente ou pela sinalização, sem autorização, e a segunda por estar em desacordo com a autorização especial, expedida pela autoridade competente para transitar com dimensões excedentes, caracterizando uma infração grave com medida administrativa a ser aplicada.

O controle das medidas dos veículos em circulação nas rodovias é fundamental para garantir a segurança das pontes, passarelas, túneis e viadutos, evitando a colisão com os obstáculos que possuem alguma restrição de dimensão, o que traria sérias consequências para a segurança dos demais usuários e à conservação da infraestrutura implantada.

Por outro lado, não havendo a necessidade da determinação de uma medida exata da dimensão para o controle de peso, proporciona-se a possibilidade de uma simplificação das especificações metrológicas. Para atingir o objetivo de controle de peso rodoviário, basta que seja determinado o intervalo que aquele veículo fiscalizado se encontra, sendo: Quanto ao comprimento: 14, 16, 17,5, 19,8 e 25 metros; quanto à altura: 4,40 metros e quanto à largura: 2,60 metros.

Com os parâmetros estabelecidos seria possível controlar o peso e o superdimensionamento dos veículos, isso com somente 7 (sete) medidas padronizadas, sendo cinco quanto ao comprimento, uma relativa à altura e outro quanto à largura, o que simplificaria o processo de medição e traria significativos ganhos de segurança e confiabilidade do processo de aferição de peso. Alguns fabricantes de equipamentos de pesagem desenvolveram soluções que possibilitam estabelecer parâmetros de medição, contudo, não pode ser definido como um instrumento metrológico, a figura 2.7 exemplifica uma dessas soluções.



Figura 2.7: Sensores ao longo da via para medição de dimensões.
Fonte: Cedida pela empresa Toledo do Brasil Indústria de balanças Ltda

Na figura 2.7 observa-se uma série de sensores ao longo da via, com eles é possível estabelecer os intervalos de dimensão, o que já é de imensa valia para o processo de fiscalização do peso, contudo, não é possível lavrar um auto de infração por excesso de dimensão com base nos dados obtidos.

2.2. O excesso de peso e o desgaste do pavimento

Na década de 1970, o então DNER, estabeleceu o Plano Nacional de Pesagem, com o objetivo de associar o controle de sobrepeso nas rodovias federais do Brasil com a mínima perturbação do fluxo de tráfego (DNIT e LABTRANS, 2007). A utilização de sistemas

de pesagem dinâmica em baixa velocidade foi consolidado como o modo de fiscalização de peso predominante no país, o que pouco mudou até o presente momento.

Réus *et al.* (2016) já indicava que um dos motivos para o mau estado em que se encontram as rodovias brasileiras é o excesso de peso dos veículos comerciais de carga. O efeito do excesso de peso pode ser percebido no dimensionamento dos pavimentos por meio do Fator de Equivalência de Carga (FEC), que relaciona cada tipo de eixo ou conjunto de eixos ao eixo padrão, e é utilizado na determinação do número equivalente de operações do eixo padrão (N), representando todo o tráfego de forma simplificada.

Em sua conclusão, Réus *et al.* (2016) observou que o cenário do carregamento das vias é preocupante, pois é uma rotina a prática do excesso de carga praticado pelos transportadores, demonstrando falta de consciência por parte destes quanto aos danos causados ao pavimento. Fernandes Júnior (1994), enfatizou que a sobrecarga torna a evolução da deterioração dos pavimentos muito acentuada, comprometendo, em um curto período, o conforto e a segurança do tráfego, aumentando os custos de operação dos veículos, conclusão também trazida por diversos outros autores.

O excesso de peso traz sérios danos ao pavimento, provocando o desgaste precoce e a necessidade de maior investimento público para manutenção, nesse contexto Romeiro Júnior *et al.* (2020) estimou um impacto de 6% nos custos de manutenção de uma rodovia devido à sobrecarga rodante. Sun *et al.* (2020), buscaram elaborar estudo de caso para quantificar os custos de danos de um tipo de tráfego específico usando uma combinação de linguagem e análise de estimativa de danos ao pavimento. O método adotado também pode ser aplicado para quantificar o impacto de outros tipos de produtos transportados, assim como em demais tipos de pavimentos e obras de arte especiais.

Como já citado anteriormente, a relação entre o excesso de peso e a deterioração do pavimento é observada por diversos autores e estudos, onde, segundo estabelecido no AASHO Road Test e reforçado por Chou (1996), essa relação obedece a lei da 4ª potência, Brito *et al.* (2013), indicaram que uma projetada para 15 anos de vida útil, com sobrecargas de 5%, 7,5% e 10% terão sua vida útil significativamente reduzida. Réus *et*

al. (2016), verificaram a redução de até 73,7% na vida útil do pavimento com uma sobrecarga de 20% do peso estabelecida por eixo.

A CNT realiza anualmente pesquisa que avalia a infraestrutura rodoviária no Brasil, analisando o estado geral da via e as condições de todo conjunto de sinalização destinada à orientação dos usuários e aspectos relacionados à geometria e traçado, dentre outros. De acordo com relatório apresentado, 61,9% das rodovias avaliadas apresentaram algum tipo de problema no estado geral, 52,2% dos trechos avaliados têm problemas no pavimento, 58,9% dos trechos avaliados apresentam deficiência na sinalização e 62,1% dos trechos avaliados têm falhas na geometria (CNT, 2021), ficando clara a necessidade de melhorar a infraestrutura viária disponível para movimentação de bens.

Com os dados trazidos no Anuário da CNT publicado no ano de 2021, é possível observar grande melhoria geral na condição das vias desde o ano de 2005, onde 40,23% eram consideradas ruins ou péssimas. Os valores do ano de 2021 são bem melhores comparativamente, pois somente 23,14% se encontravam em situação crítica, observando-se mais de 25.000 km de vias em condições ruins ou péssimas, conforme detalhado nas tabelas 2.7, 2.8 e 2.9 que seguem.

Tabela 2.7: Condição das vias 2005- CNT
Fonte: Elaborada pelo autor

Região da Federação	Extensão Total (km)					
	2005					
	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Total
Norte	143	1.071	2.714	3.122	1.686	8.736
Nordeste	595	2.677	7.649	5.586	7.469	23.976
Sudeste	4.910	3.778	6.412	4.134	3.763	22.997
Sul	2.552	4.472	4.804	2.056	611	14.495
Centro-Oeste	793	1.924	4.484	3.159	1.380	11.740
Brasil	8.993	13.922	26.063	18.057	14.909	81.944
Percentual	10,97%	16,99%	31,81%	22,04%	18,19%	

Tabela 2.8: Condição das vias 2013 - CNT
 Fonte: Elaborada pelo autor

Região da Federação	Extensão Total (km)					
	2013					
	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Total
Norte	43	1.289	3.463	3.766	2.334	10.895
Nordeste	518	6.248	11.437	5.951	2.803	26.957
Sudeste	6.685	7.267	7.605	4.530	1.078	27.165
Sul	2.402	6.913	5.296	1.902	507	17.020
Centro-Oeste	247	3.390	5.501	4.527	1.012	14.677
Brasil	9.895	25.107	33.302	20.676	7.734	96.714
Percentual	10,23%	25,96%	34,43%	21,38%	8,00%	

Tabela 2.9: Condição das vias 2021 - CNT
 Fonte: Elaborada pelo autor

Região da Federação	Extensão Total (km)					
	2021					
	Ótimo	Bom	Regular	Ruim	Péssimo	Total
Norte	578	2.445	5.233	3.227	2.127	13.610
Nordeste	1.391	9.100	12.002	4.029	2.698	29.220
Sudeste	6.116	8.666	9.463	5.019	942	30.206
Sul	1.215	5.220	7.334	3.423	1.077	18.269
Centro-Oeste	1.286	5.610	8.200	2.059	643	17.798
Brasil	10.586	31.041	42.232	17.757	7.487	109.103
Percentual	9,70%	28,45%	38,71%	16,28%	6,86%	

O tráfego de veículos tem grande importância no dimensionamento de pavimentos, assim como na representação do desempenho ao longo da vida útil do mesmo, conforme destacado por Klamt *et al.* (2017), indicando também que a característica do tráfego tem estreita relação com a durabilidade e qualidade do pavimento. A falta de controle do peso e um dimensionamento inadequado podem degradar prematuramente os componentes da infraestrutura viária, além de provocar trincas e danos na pista que prejudicam a segurança de todos os usuários.

Klamt *et al.* (2017), ainda destacaram que um dos fatores mais importantes para a gerência da malha viária e para o controle de mecanismos de degradação do pavimento é o controle e fiscalização das cargas transportadas nas rodovias. Segundo os autores, percebe-se ineficiência dos planos de operação dos postos de pesagem, existindo instalações

inoperantes ou com funcionamento parcial, além de questões que envolvem a infraestrutura e evasão.

Uma das formas mais comuns de medir o impacto do esforço no pavimento é por meio do estabelecimento de um FEC, que, conforme destacado por Réus *et al.* (2016), relaciona cada tipo de eixo ou conjunto de eixos ao eixo padrão, sendo adotado para relacionar e dimensionar o resultado do esforço de um número equivalente de atuações do eixo padrão no pavimento. A *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) e *United States Army Corps of Engineers* (USACE) estabeleceram na década de 60 do século passado uma forma empírica de cálculo, sendo ainda utilizados em todo o mundo devido à sua simplicidade (Thom, 2014), servindo como medida de desempenho estrutural dos pavimentos, avaliando-se o impacto quanto ao eixo padrão, assim como seus efeitos na infraestrutura da via.

Ao publicar estudo sobre a engenharia da pavimentação, Heinimann (2021) indica que poucos métodos racionais utilizados e estabelecidos a partir de metodologias voltadas à avaliação de vias de alto volume, dentre eles AASHTO e a USACE, são os mais utilizados, sendo ambas equações sensíveis à resistência do solo, possibilitando avaliar o efeito do esforço aplicado de acordo com a qualidade da composição do pavimento e seu dimensionamento, contudo, a falta de validação de campo é uma das maiores desvantagens dos procedimentos de projeto da AASHTO e USACE. Destacou-se ainda que ambas as metodologias se apresentaram adequadas para rodovias de alto volume, contudo, para vias rurais de baixo fluxo, percebe-se a necessidade de validações adicionais, sendo exatamente a falta de ensaios de campo uma das maiores desvantagens dos métodos.

Para avaliar o desempenho do pavimento flexível, Santos *et al.* (2019), apresentaram os efeitos dos espectros de carga por eixo pelo método AASHTO, destacando que se trata de um método empírico baseado em experimentos com mais de 60 anos. No caso das rodovias federais brasileiras, o DNIT também utiliza métodos empíricos para dimensionamento de pavimentos flexíveis, sendo o desenvolvidas pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (Usace) durante a Segunda Guerra Mundial,

baseado nas curvas de projeto, e nos resultados obtidos pela AASHTO entre os anos de 1958 e 1962.

Tendo se passado longo período dos testes realizados, Santos *et al.* (2019), destacam que as características gerais dos veículos sofreram significativas alterações que impactam diretamente nos resultados matemáticos anteriormente obtidos, sendo um dos fatores mais relevantes os pneus utilizados pelos veículos, uma vez que dependendo da pressão de trabalho e da área de contato com o pavimento, há significativa mudança da curva do esforço transmitido à via.

No Manual de Estudos de Tráfego, publicado pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias em DNIT (2006), indica-se que os dados experimentais da AASHTO e do USACE subsidiam o estabelecimento do fator de equivalência de carga – FC e forneceram subsídios para o desenvolvimento de fatores de equivalência de carga por eixo. Em AASHTO é avaliada a perda de serventia do pavimento a partir do efeito do carregamento, variando a característica do pavimento e índices de serventia e resistência, já por USACE, são avaliados os efeitos do carregamento na perda da capacidade elástica do pavimento, ou seja, a sua deformação permanente, sendo apresentadas a forma de cálculo dos fatores de equivalência de carga de acordo com cada um dos métodos, conforme exemplificado nos quadros 2.3 e 2.4.

Quadro 2.3: Fatores de equivalência de carga da AASHTO

Fonte: DNIT (2006)

Tipos de eixo	Equações (P em tf)
Simplex de rodagem simples	$FC = (P / 7,77)^{4,32}$
Simplex de rodagem dupla	$FC = (P / 8,17)^{4,32}$
Tandem duplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 15,08)^{4,14}$
Tandem triplo (rodagem dupla)	$FC = (P / 22,95)^{4,22}$

P = Peso bruto total sobre o eixo

Quadro 2.4: Fatores de equivalência de carga do USACE

Fonte: DNIT (2006)

Tipos de eixo	Faixas de Cargas (t)	Equações (P em tf)
Dianteiro simples e traseiro simples	0 – 8	$FC = 2,0782 \times 10^{-4} \times P^{4,0175}$
	≥ 8	$FC = 1,8320 \times 10^{-6} \times P^{6,2642}$
Tandem duplo	0 – 11	$FC = 1,5920 \times 10^{-4} \times P^{3,472}$
	≥ 11	$FC = 1,5280 \times 10^{-6} \times P^{5,484}$
Tandem triplo	0 – 18	$FC = 8,0359 \times 10^{-5} \times P^{3,3549}$
	≥ 18	$FC = 1,3229 \times 10^{-7} \times P^{5,5789}$

P = peso bruto total sobre o eixo

2.3. Os aspectos econômicos e sociais

Ghisolfi (2018) desenvolveu um importante estudo objetivando criar cenários para avaliação de impactos do excesso de peso no transporte rodoviário de cargas, onde foi mensurado o impacto que o excesso trás em todo o processo logístico, chegando à conclusão que a imposição legal sobre os limites de peso no carregamento dos veículos de carga aumenta o custo econômico de transporte, pois a economia de escala obtida com o excesso de peso possui impacto muito relevante no custo total do transporte, uma vez que o custo fixo e a mão de obra seriam rateados considerando volume total carregado.

Foram estabelecidos três cenários comparativos que possibilitaram explorar situações diversas e a influência da relevância dos impactos sociais na mensuração do custo do transporte, sendo o cenário de uma política rígida, moderada e uma última tolerante, onde na política moderada, o percentual de excesso de peso varia de 0 a 50%, na política tolerante, varia de 50 a 100% e, na política rígida, não existe excesso de peso.

Na simulação realizada, foi considerada uma carga específica para rotas pré-estabelecidas, conseguindo-se estabelecer um custo total da movimentação. Levando em consideração somente os custos de transporte, de manutenção do pavimento e com acidentes, o cenário que apresenta maior vantagem econômica é o com maior incidência de excesso, graças à diluição do custo de transporte agregado ao produto transportado, conforme já citado anteriormente e disposto na tabela 2.10 de forma a ilustrar o que foi apresentado por Ghisolfi (2018).

Tabela 2.10: Custos econômicos e sociais no cenário Política Moderada e Tolerante
 Fonte: Ghisolfi (2018)

Cenário	Excesso de peso	Custo de Transporte (R\$)	Custo de Manutenção do Pavimento (R\$)	Custo de Acidentes de Tráfego (R\$)	Custo Total (R\$)
Política Moderada	10%	58.908.980,00	8.105.233,00	10.682.519,00	77.696.732,00
	20%	54.648.836,00	8.884.721,00	11.053.576,00	74.587.133,00
	30%	50.911.264,00	8.942.155,00	11.199.539,00	71.052.958,00
	40%	47.685.272,00	9.024.282,00	11.260.134,00	67.969.688,00
	50%	44.843.116,00	9.033.064,00	11.287.587,00	65.163.767,00
Política Tolerante	60%	42.407.408,00	9.035.846,00	11.301.690,00	62.744.944,00
	70%	40.273.284,00	11.143.123,00	11.309.238,00	62.725.645,00
	80%	38.381.336,00	15.715.177,00	11.313.623,00	65.410.136,00
	90%	36.611.484,00	15.711.889,00	11.316.477,00	63.639.850,00
	100%	35.018.720,00	15.706.810,00	11.318.336,00	62.043.866,00

Apesar da simulação apontar a vantagem econômica no transporte realizado com excesso de peso, não restam dúvidas que os fatores sociais possuem grande relevância quando se fala em segurança viária, como exemplo, pode-se citar o acidente ocorrido no dia 22/06/2017, no Km 343 da rodovia BR-101/ES, trecho localizado no município de Guarapari-ES, envolvendo duas ambulâncias, uma carreta e um ônibus de viagem que vitimou 22 pessoas, a maioria delas estava no ônibus atingido, que seguia de São Paulo para Vitória, pois ele veículo pegou fogo com o acidente, conforme visto na figura 2.8.



Figura 2.8: Acidente grave entre duas ambulâncias, ônibus e carreta em Guarapari.
 Fonte: TV Gazeta

Outro fator social que é de extrema relevância, e deve ser levado em consideração com elevado grau de sensibilidade, é o impacto ambiental que o excesso de peso causa naturalmente e o quanto amplia a chance de desastres envolvendo os mananciais, a flora e a fauna que estão na área de impacto direto dos corredores logísticos utilizados para escoar a produção.

O aumento do consumo de combustível associado ao excesso de peso implica no consequente aumento das emissões de GEE, impactando negativamente nas mudanças climáticas decorrentes do excesso de poluentes na atmosfera, sendo esses veículos um potencial risco à desastres ambientais, pois é comum o transporte de produtos nocivos ao meio ambiente, fauna e seres humanos.

Nesse contexto, Santos *et al.* (2020) destacam que os impactos causados pelas mudanças climáticas já estão sendo sentidos, em especial quanto ao aumento das temperaturas, aumento do nível do mar, ilhas de calor, inundações e eventos extremos, o que também impacta diretamente a qualidade da infraestrutura de transporte disponível, aumentando o grau de vulnerabilidade da população.

Com a intenção de relacionar o custo social vinculado ao custo econômico, Ghisolfi (2018) projetou cenários que avaliam o impacto econômico do excesso de peso, de forma a possibilitar a exemplificação numérica, conforme tabela 2.11 elaborada pela autora.

Tabela 2.11: Custo social em relação ao custo econômico (R\$/milhões)
Fonte: Ghisolfi (2018)

Importância do custo social		Sem Importância			Pouco Importante		Igualmente Importante	Muito Importante		Extrema Importância		
		0	10	20	30	40		50	60	70	80	90
Política Rígida	0%	62,4	58,0	53,6	49,1	44,7	40,2	35,8	31,4	26,9	22,5	18,0
	10%	58,9	54,9	50,8	46,9	42,8	38,9	34,8	30,8	26,8	22,8	18,8
Política Moderada	20%	54,6	51,2	47,7	44,2	40,7	37,3	33,8	30,4	26,9	23,4	19,9
	30%	50,9	47,8	44,8	41,7	38,6	35,5	32,5	29,4	26,3	23,2	20,1
	40%	47,6	44,9	42,2	39,5	36,7	34,0	31,2	28,5	25,8	23,0	20,3
	50%	44,8	42,4	39,9	37,5	35,0	32,6	30,1	27,7	25,2	22,8	20,3
	60%	42,4	40,2	38,0	35,8	33,6	31,4	29,2	27,0	24,8	22,5	20,3
Política Tolerante	70%	40,3	38,5	36,7	34,9	33,1	31,4	29,6	27,8	26,0	24,2	22,5
	80%	38,4	37,3	36,1	35,0	33,8	32,7	31,6	30,4	29,3	28,2	27,0
	90%	36,6	35,7	34,7	33,7	32,8	31,8	30,9	29,9	28,9	28,0	27,0
	100%	35,0	34,2	33,4	32,6	31,8	31,0	30,2	29,4	28,6	27,8	27,0

Observa-se que, dependendo da importância do custo social, o excesso de peso pode ser extremamente interessante ou uma conduta que deve ser evitada, destacando que em todos os cenários se projeta a monetarização do impacto positivo ou negativo. Outros fatores sociais devem ser levados em consideração, em especial os relacionados à seguridade social, que será uma obrigação do Estado com as famílias das vítimas envolvidas nos acidentes, assim como a perda do principal insumo do transporte rodoviário, o motorista profissional.

Ainda quanto aos aspectos sociais, vale destacar o ponto que trata da distribuição de renda, uma vez que a remuneração ao transportados se dá de acordo com a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas (PNPM-TRC), onde Brasil (2018) estabeleceu o valor do frete de acordo com a característica do veículo, não quanto ao volume de carga transportada.

Brasil (2018) buscou promover condições mínimas para a realização de fretes no território nacional, de forma a proporcionar adequada retribuição ao serviço prestado, sendo estabelecido um valor mínimo pelo serviço a ser prestado, assim como as formas de reajuste do piso. O valor da remuneração aos transportadores têm relação com a característica do veículo, o tipo de carga transportada e a distância percorrida, sendo reajustado sempre que ocorrer oscilação no preço do óleo diesel no mercado nacional superior a 10% em relação ao preço considerado, considerando a lotação máxima do veículo para estabelecimento da quantidade de mercadoria a ser transportada.

Com o valor do frete estabelecido pela característica do veículo e sua lotação máxima, observa-se que toda possível vantagem econômica do excesso de peso passa a ser atribuída ao contratante do transporte e ao dono da carga, uma vez que ao transportador recairá o custo adicional de combustível e o decorrente da degradação precoce do veículo utilizado no transporte, além do impacto direto em caso de um acidente.

A metodologia para cálculo do frete busca indicar os custos diretos pertinentes ao serviço de transporte rodoviário de cargas, seja com base em estudos técnicos ou por meio de modelo estatístico, podendo ser classificados como custos fixos e variáveis, Martins (2010) entende ser de grande importância esta classificação. Santos (2006) também

classifica custos fixos e variados, definindo o primeiro como aquele que ocorre independente de produtividade, não ligado ao custo pela produção, independente do quanto for produzido.

Ainda definindo o que seriam os custos fixos, ANTT (2020) estabelece uma relação direta com o setor de transporte, fixando que os custos fixos são aqueles que apresentam valores fixos em um determinado intervalo de tempo, não sendo relacionados à intensidade de uso da composição veicular de transporte, sendo aqueles que não possuem variação com a distância percorrida, existindo mesmo sem a prestação de serviço. Com relação ao setor de transporte, ANTT (2020) estabelece como custos fixos os seguintes itens listados no quadro 2.5.

Quadro 2.5: Custos diretos de transporte
Fonte: ANTT (2020)

<i>i)</i>	Custo de depreciação do veículo automotor de carga (C_{dep_c});
<i>ii)</i>	Custo de depreciação do implemento rodoviário (C_{dep_i});
<i>iii)</i>	Custo de remuneração do capital do veículo automotor de carga (C_{rcap_c});
<i>iv)</i>	Custo de remuneração do implemento rodoviário (C_{rcap_i});
<i>v)</i>	Custo de mão de obra de motoristas (C_{mo});
<i>vi)</i>	Custo de tributos e taxas da composição veicular (C_{trib});
<i>vii)</i>	Custo de seguro contra acidente e roubo da composição veicular (C_{seg});
<i>viii)</i>	Custo adicional de cargas perigosas (C_{per}).
<i>ix)</i>	Custo de diárias (C_{dia}).

Martins (2010) define como custos variáveis aqueles que aumentam de acordo com o volume de serviço prestado, alterando de acordo com a quantidade de serviço prestado pela empresa. Para Perez Jr. (2006), entende-se como insumos aqueles materiais, combustível e serviços consumidos no processo de prestação de serviços, sendo o principal fator para se definir os custos variáveis.

ANTT (2020) estabelece ainda que os custos variáveis aplicados ao transporte são aqueles que dependem da distância percorrida na operação de transporte, sendo proporcionais à distância, não sendo impostos quando o veículo estiver fora de operação, compreendendo os seguintes itens listados no quadro 2.6.

Quadro 2.6: Custos indiretos de transporte

Fonte: ANTT (2020)

i)	Custo de combustível (C_{comb});
ii)	Custo de Arla (C_{arla});
iii)	Custo de pneus e recauchutagem (C_{pne});
iv)	Custo de manutenção (C_{man});
v)	Custo de lubrificantes para motor (C_{lub}); e
vi)	Custo de lavagens e graxas (C_{lav}).

Mesmo aparentando ser economicamente interessante ao dono da carga, a prática do excesso de peso se mostra extremamente danosa ao transportador, visto que o valor do frete não tem relação com o peso da carga, mas sim com a tipologia do veículo e distância percorrida.

2.4. Sistema em alta velocidade (“*High Speed Weigh-in-Motion*” (*Hs-Wim*))

No que diz respeito ao controle de peso veicular em rodovias, um dos temas mais debatidos e estudados é o uso de sistemas que possibilitem a aferição do esforço transmitido ao pavimento em alta velocidade ou *Hs-Wim*, conforme já citado anteriormente, corriqueiramente são publicados artigos, estudos e materiais que tratam desse tema em particular.

O sistema de pesagem *Hs-Wim* já é utilizado como ferramenta de seleção em postos de pesagem tradicionais e para fins estatísticos, sendo certo que a evolução tecnológica possibilitará a ampliação do modelo para atuação coercitiva direta, sem a necessidade de outro instrumento metrológico, o que trará grande ganho ao processo de aferição do peso veicular em rodovias.

Buscando avaliar a integração da pesagem em movimento à gestão da infraestrutura rodoviária, Yannis e Antoniou (2005) exploraram as potenciais aplicações das tecnologias de pesagem em movimento e a sua integração na gestão da via, sendo mostradas as tecnologias de sensores mais utilizadas, apontando a estrutura, as características e os benefícios de integrar a pesagem em movimento à gestão rodoviária.

O desempenho dos sistemas de pesagem em movimento varia de acordo com a tecnologia empregada e as condições do local da aferição, com especial destaque ao tipo de pavimento e características climáticas regionais, sendo medida a carga dinâmicas por meio de cálculos matemáticos, convertendo ao valor da carga real por meio parâmetros de calibração apropriados (Yannis e Antoniou, 2005).

Conforme detalhado por Yannis e Antoniou (2005), existe a possibilidade de uso de pontes como balanças, em vez de usar sensores embutidos no pavimento, ou ainda a utilização de múltiplos sensores com a finalidade de reduzir os erros de medição, sendo as principais tecnologias utilizadas para pesagem em movimento: sistemas piezoelétricos, tapetes capacitivos, placas de dobra, células de carga e tecnologia de fibra óptica

2.4.1 Sistemas piezoelétricos

São sensores constituídos de fios metálicos com uma cerâmica piezoelétrica em seu interior que detectam as mudanças na tensão causadas pela pressão exercida sobre o sensor, convertendo a energia em informações para medir o peso com a utilização de um ou mais sensores conjugados, podendo ser fixados por meio de ranhuras no pavimento ou sobre ele, sendo a sua utilização indicada para condições climáticas adversas, por possuir menos impacto nas medições com a amplitude térmica. A figura 2.9 exemplifica a aplicação.

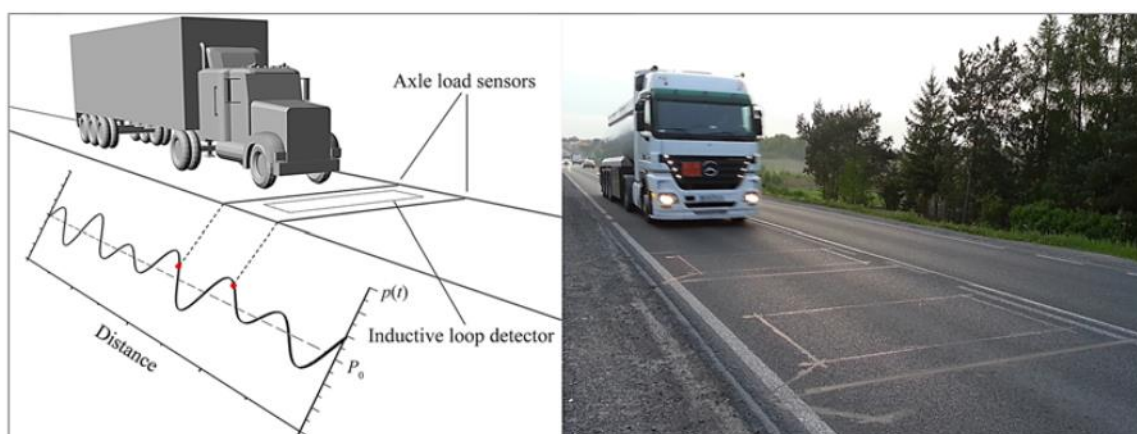


Figura 2.9: Estrutura de sistema *Hs-Wim* típico e a imagem.
Fonte: Sroka *et al.* (2019)

Brito *et al.* (2014) apontam que os sensores piezoelétricos convencionais apresentam a vantagem de aceitar dobras sem que isso inviabilize o seu uso, podendo ser utilizado em

pavimentos com pequenas deformações, apresentando a confiabilidade de 90% quando conjugado com loop magnético, formando o conjunto de sensores piezoelétricos para medição da carga dinâmica, apresentando um melhor custo-benefício em relação às demais tecnologias possíveis, sendo demonstrado na figura 2.10 a instalação do dispositivo.



Figura 2.10: Instalação de sensores Piezoelétricos.
Fonte: Brito *et al.* (2014)

Conforme apontado por DNIT (2009) e exposto na figura 2.11, o sistema Piezoelétricos de quartzo são montados em um núcleo de alumínio e instalado em corte perpendicular ao tráfego da via, sendo usado um composto de epóxi e sílica para fixar ao pavimento, de forma a garantir que o composto utilizado tenha as características presentes na via, devendo ficar perfeitamente alinhado, sem desníveis ou saliências.

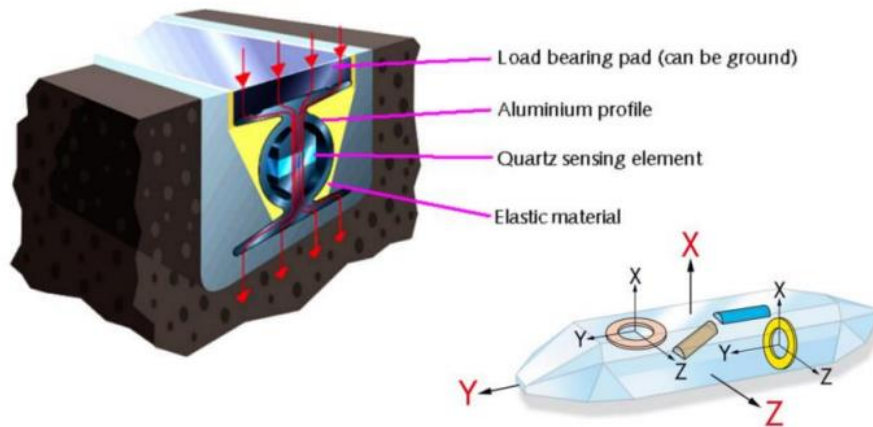


Figura 2.11: Sensor Hs-Wim piezolétrico de quartzo
 Fonte: DNIT (2009)

2.4.2 Tapetes capacitivos

Tapetes capacitivos normalmente consistem em dois loops indutivos e um sensor de peso capacitivo por faixa para cobrir um máximo de quatro faixas de tráfego. Conforme tratado por Bosso *et al.* (2019) e Mimbela e Klein (2007) em uma configuração portátil, os loops indutivos e o sensor de peso capacitivo são colocados no topo do pavimento para uso temporário. Em uma configuração permanente, os sensores são colocados em recipientes de aço inoxidável, embutidos no pavimento. O tapete é instalado perpendicularmente à direção do veículo na faixa de tráfego.

Segundo Bosso *et al.* (2019), os tapetes capacitivos são formados por chapas metálicas sobrepostas separadas por um material dielétrico e comumente são aplicados em equipamentos que necessitam de portabilidade. Com a pressão exercida pelos pneus do veículo o tapete capacitivo apresenta uma variação da capacitância, o que é convertido por meio de cálculos matemáticos em um valor correspondente à força transmitida ao pavimento. A figura 2.12 exemplifica a operação do dispositivo.



Figura 2.12: Tapete capacitivo em atividade
Fonte: Mimbela e Klein (2007)

2.4.3 Placas de dobra (“*bending plates*”)

Os sistemas de placa de dobra ou “*bending plates*” utilizam placas com sensores montados na parte inferior, o equipamento registra a deformação e calcula a carga dinâmica quando submetida a um esforço vertical pela passagem do veículo, o método é comumente adotado na pré-seleção de veículos, para fins estatísticos ou outras finalidades que necessitem da coleta de dados dos veículos (Yannis e Antoniou, 2005).

Sroka *et al.* (2019) indicam que este tipo de sensor pode ser portátil ou permanentemente, sendo instalado em uma vala na via, conforme figura 2.13, onde a placa é constituída por medidores de tensão que medem a tensão durante a passagem de um veículo sobre a estrutura de aferição, possuindo algumas importantes propriedades físicas, operacionais e metrológicas, tais como:

- Sensibilidade vertical e estabilidade;
- Durabilidade elevada;
- Baixa variação nas medições por mudanças de temperatura, possuindo faixa de temperaturas de operação de -30 °C a 50 °C;
- Possibilidade de utilização em *Hs-Wim*, em baixa velocidade ou estática;

- Precisão comparável a sensores de quartzo; e
- A carga máxima chega a mais de 20 toneladas por eixo.



Figura 2.13: Instalação de sensores “*Bending Plate*”
Fonte: Sroka *et al.* (2019)

2.4.4 Células de carga

O sistema de célula de carga é comumente instalado na forma de duas balanças, conforme figura 2.14, que aferem simultaneamente os eixos de ambos os lados do veículo, Yannis e Antoniou (2005) também indica que o sistema é formado por transdutores independentes que, por meio de sistemas, é obtido o peso total do veículo pela soma dos valores obtidos individualmente, sendo comumente utilizado na pré-seleção ou coleta de dados, sendo sua instalação realizada por meio de baias no pavimento.

Gaspareto (2017) explica que esse tipo de equipamento possui boa durabilidade e ótima acuracidade, sendo instalados conjuntamente com laços indutivos com o objetivo de realizar uma medição mais assertiva, medir a distância entre eixos e a velocidade do veículo, garantindo a obtenção dos parâmetros necessários ao estabelecimento correto do peso.

O processo de implantação do equipamento é muito custoso, pois é necessária a intervenção no pavimento para colocação de estrutura própria e um berço apropriado, conforme destacado em por DNIT (2009), que também trata da durabilidade e acuracidade

dos equipamentos de pesagem por célula de carga, podendo ser adotado nos projetos para simples coleta de dados ou com a finalidade de atuação coercitiva.



Figura 2.14: Sistema de pesagem por célula de carga
Fonte: Faroulo (2015)

Foi realizada uma breve comparação entre a acurácia apresentada pelos sistemas de célula de carga e “*bending plates*”, sendo os valores obtidos com base em amostras de campo controlada, utilizando veículos parcialmente carregados com pequena variação da velocidade de referência estabelecida, obtendo-se, conforme exposto no quadro 2.7, o seguinte resultado (DNIT, 2009):

Quadro 2.7: Quadro comparativo entre célula de carga e “*bending plate*”
Fonte: DNIT (2009)

Velocidade	Aplicação	Tipo de Carga	Acurácia “ <i>bending plate</i> ”	Acurácia Célula de carga
3 a 16 km/h	Baixa velocidade (Antes da balança estática)	Eixo	3%	2%
		Eixo em Tandem	3%	1,5%
		Peso Bruto Total	2%	1%
18 a 40 km/h	Baixa velocidade	Eixo	4%	4%
		Eixo em Tandem	4%	3%
		Peso Bruto Total	3%	2%
42 a 72 km/h	Media velocidade	Eixo	6%	5%
		Eixo em Tandem	6%	4%
		Peso Bruto Total	4%	3%
acima de 74 km/h	Alta velocidade	Eixo	8%	6%
		Eixo em Tandem	8%	5%
		Peso Bruto Total	5%	4%

2.4.5 Tecnologia de fibra óptica

Yannis e Antoniou (2005) indicam que o sensor de fibra óptica é feito de feixes metálicos junto de uma fibra óptica, utilizando propriedades foto elásticas que variam de acordo com a pressão vertical aplicada por meio dos veículos, apresentando além de uma precisão desejada, também uma boa relação custo-benefício, mantendo as características, mesmo com grande amplitude térmica e variação da velocidade de pesagem, não estando suscetível às interferência eletromagnética presentes nos equipamentos que utilizam eletricidade e condutores no processo de aferição do peso.

Apesar das primeiras aplicações comerciais serem do ano de 2015, já existem estudos quanto ao uso de sensores com tecnologia de fibra óptica para pesagem veicular desde a década de 1990, funcionando com a alteração da propagação da luz sob influência de forças externas, conforme aponta Sroka *et al.* (2019). Dentre as principais características do modelo exposto na figura 2.15, foram indicadas:

- Sensibilidade a pequenos esforços verticais;
- A durabilidade mecânica e resistência à corrosão;
- Baixa sensibilidade às mudanças de temperatura;
- Possibilidade de medição de cargas estáticas e dinâmicas;
- Blindagem quanto interferências eletromagnéticas;
- Baixa intervenção viária para implantação e manutenção; e
- Sensores por fibra óptica que possibilitam maiores distâncias sem perdas.

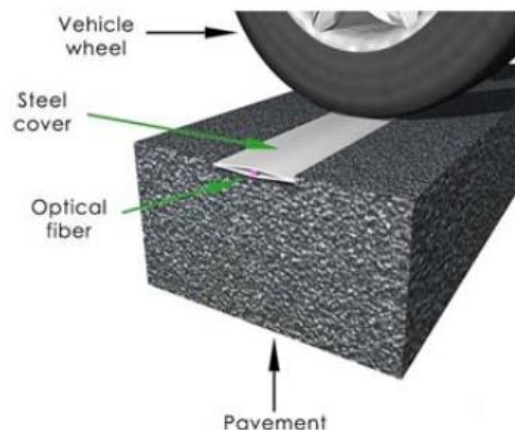


Figura 2.15: Sensor de fibra óptica
Fonte: Sroka *et al.* (2019)

Após a explanação das principais tecnologias utilizadas para a aferição de peso em movimento, volta-se a avaliar a bibliografia coletada que trata de temas correlacionados à pesagem em *Hs-Wim*. Buscando avaliar a influência da temperatura nas propriedades metrológicas de sensores de carga piezoelétricos poliméricos aplicados em sistemas de pesagem em movimento, Gajda *et al.* (2012) concluem que, com o histórico de medições realizadas, validação dos dados e uso de sensores em série, é possível corrigir os erros de temperatura e obter uma acuracidade aceitável no processo de aferição, percebendo que os sensores de quartzo possuem um custo muito mais elevado comparado aos sensores piezoelétricos.

Buscando realizar uma análise mais voltada à gestão de tráfego, Oskarbski e Kaszubowski (2016) avaliaram a implementação do sistema de pesagem em movimento na gestão do tráfego de cargas em áreas urbanas, com especial destaque aos veículos que circulam na região do porto de Gdynia. Percebeu-se o potencial do sistema de pesagem em movimento possibilitar um controle eficaz de acesso de todos os veículos, pois há a identificação de todos que circulam pelo local.

Oskarbski e Kaszubowski (2016) destacaram um importante ponto levado em consideração na presente dissertação, que é a revisão da lei para permitir penalidades diretamente pela pesagem em movimento, não necessitando de uma outra medição, assim como algum dispositivo que permita o uso do sistema para controlar o acesso de veículos. A evolução do uso da pesagem em alta velocidade tende à aplicação direta e coercitiva, conforme detalhado por Jacob e Cottineau (2016), o uso de sistemas *Hs-Wim* para aplicação de penalidades começou em Taiwan em 1998, naquele momento foram adotados elevados percentuais de tolerância, visto que o objetivo era retirar de circulação e penalizar os grandes infratores.

A República Tcheca é outro país que utiliza *Hs-Wim* para aplicação direta de penalidades desde o ano de 2011, utilizando tolerâncias que variam de 5% a 11%, dependendo do tipo de fiscalização, demonstrando boa efetividade no controle do excesso de peso rodoviário. Segundo a abordagem de Jacob e Cottineau (2016), vários países fazem uso do *Hs-Wim* para triagem, seleção e levantamento estatístico, pois com a combinação de dispositivos capazes de identificar o veículo pela placa ou plaqueta de rádio frequência, é possível obter

ótimos resultados no monitoramento viário, restando ainda pontos delicados a serem tratados para uma aplicação coercitiva com aplicação de penalidades, pois a confiabilidade dos sistemas e questões legais ainda dependem de regulamentação.

Buscando a analisar a aplicação direta do *Hs-Wim*, Xiong e Zhang (2019) apresentaram estudo de viabilidade para uso em via pública baseado em equipamento piezoelétrico, destacando que a sobrecarga de veículos tem sido um problema crítico em muitos países, prejudicando a manutenção da condição da via e impactando diretamente na vida útil do pavimento. Xiong e Zhang (2019) também indicam o amplo uso da pesagem em alta velocidade para apoiar o gerenciamento da infraestrutura de transporte, pois, se comparado com o sistema estático ou de baixa velocidade, apresenta uma precisão inferior, contudo, possibilita uma maior amplitude de monitoramento e menor impacto aos transportadores, sendo uma alternativa de baixo custo ao sistema de pesagem tradicional.

Ainda segundo os autores citados no parágrafo anterior, observa-se que o custo para implantação de um sistema em alta velocidade é 80% menor do que o modelo atual adotado, possibilitando uma cobertura de monitoramento maior com o mesmo investimento, contudo, ainda existem problemas que devem ser tratados na aferição em alta velocidade com equipamento piezoelétrico, como a diferença da característica física e calibração dos pneus, condição de trafegabilidade e ações do condutor que influenciam na medição, como frenagens e manobras acentuadas.

Com base em 77 pontos de pesagem em alta velocidade em vias na Polónia que utilizavam viga de flexão ou sensores piezoelétricos de quartzo, Rys (2019) desenvolveu uma análise detalhada quanto a imprecisão dos equipamentos utilizados para medição. Alguns fatores foram percebidos como importantes para uma correta medição, como o tipo de sensor de carga, a temperatura ambiente, a temperatura do pavimento e velocidade que o veículo circula.

Rys (2019) destaca ainda o impacto significativo do tipo de sensor de carga para medição por eixo na carga, onde os pontos de pesagem por viga de flexão apresentaram valores mais altos do que os pontos com sensores piezoelétricos de quartzo. Outro importante ponto trazido, foi o fato que sensores por feixe de flexão foram mais suscetíveis à variação da temperatura, enquanto os piezoelétricos às mudanças na velocidade do veículo,

aumentando a possibilidade de erro na leitura em ambas as situações, mostrando que as duas tecnologias apresentam problemas que precisam ser levados em consideração no planejamento do uso.

Outro importante fator abordado por Rys (2019) foi o impacto que a velocidade do veículo tem na medição do peso em alta velocidade, onde ambos os sistemas se mostraram mais suscetíveis a baixas velocidades, pois em 25% a 35% dos casos, o erro aleatório aumenta em baixas velocidades (<30 km/h), não havendo grande variação para velocidades superiores a 50 km/h.

Com o objetivo de apresentar um método com base em dados obtidos em pesagem em movimento (WIM), Bosso *et al.* (2019) buscaram identificar os padrões de viagem e a característica da sobrecarga presente, utilizando a ferramenta de árvores de regressão. Na narrativa, procurou-se avaliar as características do fluxo e dos veículos que apresentavam excesso de peso, chegando à conclusão de que o tipo de caminhão é a variável mais importante quando se fala em peso bruto total, enquanto a variável de maior relevância quanto ao excesso por eixo é o horário do dia.

Bosso *et al.* (2019) mostram que o sistema *Hs-Wim* pode ser uma importante ferramenta para otimização do processo de fiscalização e melhorar a eficiência das atividades, alocando os recursos nos horários e trechos com maior criticidade. Com a maior cobertura de monitoramento, os equipamentos de pesagem em alta velocidade propiciam ao Estado conhecer melhor o fluxo e a característica dos veículos, subsidiando com dados reais estudos para dimensionamento de pavimentos e projetos de infraestrutura.

Conforme abordado por alguns autores, a dificuldade de se obter uma calibração adequada é um dos principais problemas para garantir a precisão e acurácia do sistema de pesagem em alta velocidade, nesse contexto, Burnos e Gajda (2020) apresentam a possibilidade de se estabelecer algoritmo capaz de autocalibrar o equipamento e possibilitar a aplicação direta coercitiva, sendo um dos métodos para compensar fatores externos à medição, como a temperatura do ambiente e da via.

Segundo os autores, existe a necessidade do equipamento se autocalibrar de acordo com as características físicas e climáticas do local de instalação, sendo necessário avaliar e

tratar pontualmente cada instalação para obter um resultado adequado e que possa ser utilizado para fins de fiscalização direta.

Apesar dos problemas de medição apresentados, Feng *et al.* (2020) destacam que o sistema *Hs-Wim* é muito útil e eficiente no tratamento de grandes excessos que podem causar danos estruturais, possibilitando a aferição de forma dinâmica em todos os veículos que circulam na via, subsidiando o gestor público com relevantes informações quanto ao volume de tráfego, velocidade, característica dos veículos, cálculo da carga equivalente por eixo e peso bruto total.

No seu estudo, Feng *et al.* (2020) demonstram a necessidade de aprimoramento do modelo de pesagem em alta velocidade, indicando seu excelente potencial para controle do fluxo e fornecimento de dados estratégicos, sendo uma pesquisa holística que busca subsidiar novas pesquisas quanto a aplicabilidade e funcionalidades do sistema de aferição de peso em movimento.

Em estudo apresentado com base em dados de pesagens em alta velocidade coletados pelo período de um ano, Guerson *et al.* (2021) conseguiram expor a imprecisão das medições comparativamente ao sistema em baixa velocidade, pois os dados foram coletados a cerca de 2 km de um equipamento com certificação metrológica, mostrando uma variação com erro máximo de 10% quando medido o peso bruto total do veículo e variação de 15% nos casos de aferição do peso por eixo, destacando que os valores foram obtidos em um nível de confiança de 95%, o que não é aceito pelo regulamento técnico metrológico.

Para análise dos dados históricos coletados e caracterização do excesso de peso constatado, Guerson *et al.* (2021) utilizaram o recurso de árvores de regressão, recurso este já abordado de forma muito esclarecedora por Bosso *et al.* (2019), possibilitando a observação de forma resumida, visual e intuitiva.

Para melhorar a interpretação dos dados de pesagem obtidos no decorrer do período e possibilitar a simplificação da expressão gráfica da árvore de regressão, Guerson *et al.* (2021) optaram por uma classificação binária para os atributos e classificou as medições entre: sobrepeso severo, sobrepeso não severo, final e início de semana, meio de semana, veículos de pequeno e médio porte e veículos de grande porte. Com essa estruturação e

consolidação dos dados, foram montadas as árvores, onde a figura 2.16 apresenta os casos em que ocorreram simultaneamente excesso de peso no peso bruto total e nos eixos.

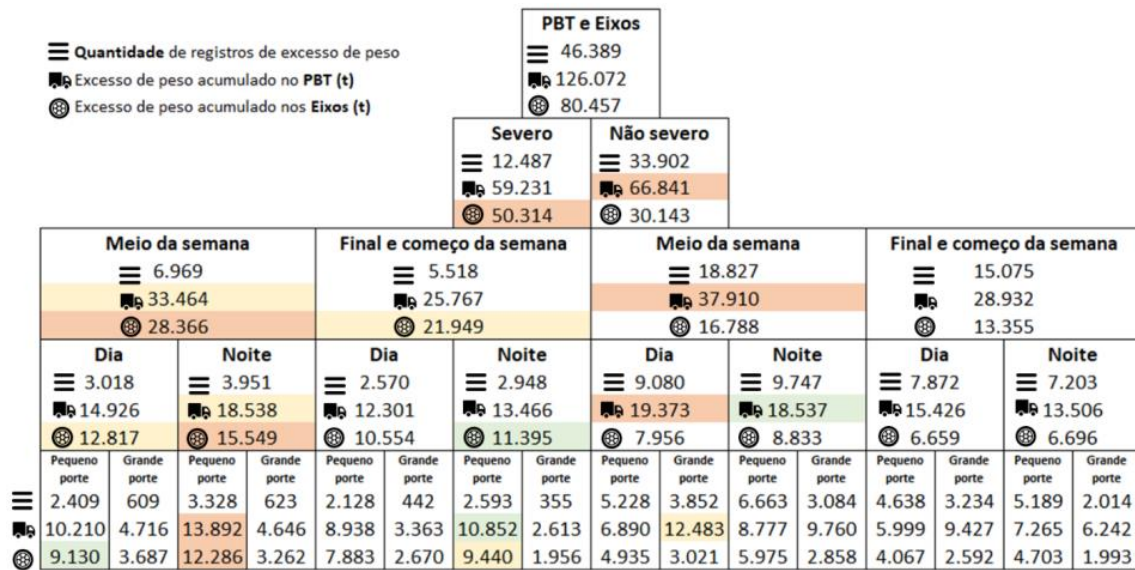


Figura 2.16: Classificação de registros de excesso de peso
Fonte: Guerson *et al.* (2021)

Na árvore apresentada por Guerson *et al.* (2021), com base nos dados obtidos na pesquisa, percebeu-se uma maior geral incidência de pequenos excessos, classificados como excessos não severos, contudo os excessos severos representam grave impacto quando o cálculo é realizado com base no esforço total transmitido ao solo, representando um problema muito significativo quando se fala em segurança da via e a carga total transmitida ao pavimento.

2.5. O uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport System – ITS*) no monitoramento, telemetria e controle de veículos

A evolução tecnológica na última década permitiu desenvolver inúmeros recursos que aprimoraram a segurança, a saúde, os meios de comunicação e o transporte. O uso massivo de sistemas informacionais permitiu que a interação do homem com a máquina seja cada vez mais facilitada e aconteça em tempo real, sempre online, de qualquer local com um simples acesso à internet. Assim, como nas demais áreas, no transporte não foi diferente, a incorporação de ITS permitiu inserir recursos que contribuíram para melhorar a eficiência, eficácia, efetividade e segurança do transporte, seja ele aéreo, aquaviário ou terrestre, sendo esse último abordado na presente dissertação.

Os sistemas de transporte inteligentes (ITS) foram desenvolvidos e incorporados rapidamente, Jin *et al.* (2019) destacam o impacto positivo na segurança da via e na rotina daqueles que se locomovem, havendo o monitoramento integrado da infraestrutura, veículos e seres humanos.

Com a contínua expansão de produtos e serviços conectados, foi elevada a capacidade de gerar rapidamente grandes quantidades de dados, sendo possível desenvolver soluções eficazes de gerenciamento de dados de todos os recursos envolvidos na operação de transporte, Lim *et al.* (2021) também destacam que a disponibilidade de conexões de dados permite aos detentores de informação a tomada de decisões mais assertiva e com maior confiabilidade, conforme ilustrado na figura 2.17, sendo grande parte das evoluções tecnológicas amplamente aplicadas à movimentação de cargas e pessoas.

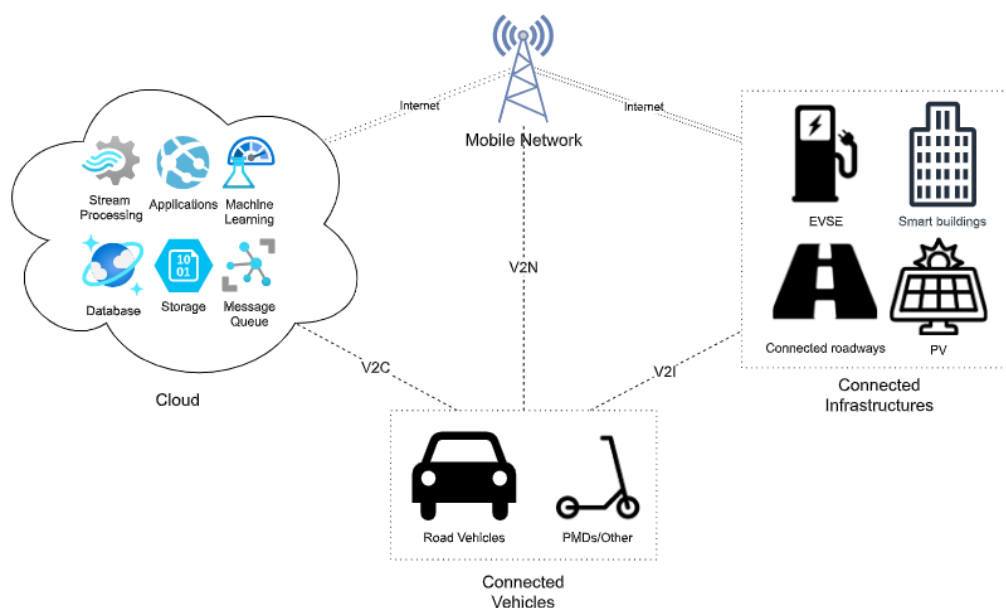


Figura 2.17: Exemplos de conexões de veículos
Fonte: Lim *et al.* (2021)

Indo ao perfeito encontro do tema abordado, Radoicic *et al.* (2016) demonstraram a experiência de solução de sistema de pesagem a bordo para veículos, que são tecnologias incorporados ao próprio veículo, permitindo a medição e controle do peso do veículo em movimento e em tempo real. O uso de um sistema de pesagem incorporado ao veículo pode trazer ganhos operacionais às empresas que investirem nessa tecnologia, visto que os veículos não mais serão abordados ou terão a velocidade de deslocamento reduzida para

aferição do peso, sendo tal informação transmitida diretamente do veículo aos órgãos de controle.

Na mesma linha de pesquisa, Salles *et al.* (2016) apresentam a influência da informação e o uso da telemetria na gestão de frota, sendo seu uso motivado essencialmente pela melhoria da produtividade, da segurança e do controle da frota, permitindo a pronta identificação de problemas sistêmicos que impactam diretamente na melhoria do nível de competitividade.

Nos últimos anos ficou mais evidente ao público geral o uso de tecnologias embarcadas nos veículos, muito se fala em veículos autônomos ou com direção assistida, tendo a empresa Tesla como principal exemplo da evolução tecnológica presente no mercado automobilístico, sendo todos esses recursos utilizados também no segmento de veículos pesados, com destaque ao transporte de cargas e passageiros.

A abordagem trazida por Terán *et al.* (2020) busca avaliar a assistência de direção em análise da telemetria de bordo, conjuntamente com uma análise de mapa de risco de acidentes rodoviários, conforme exposto na figura 2.18. Os mapas de risco são obtidos por meio das estatísticas relacionadas e históricos de acidentes e a telemetria consiste em um conjunto de equipamentos eletrônicos que monitora todos os dados do veículo, incluindo a condução, sendo formado por sensores diversos, câmeras e dispositivos de localização na via e geográfica, como câmeras, GPS e radares por radiofrequência ou micro-ondas.

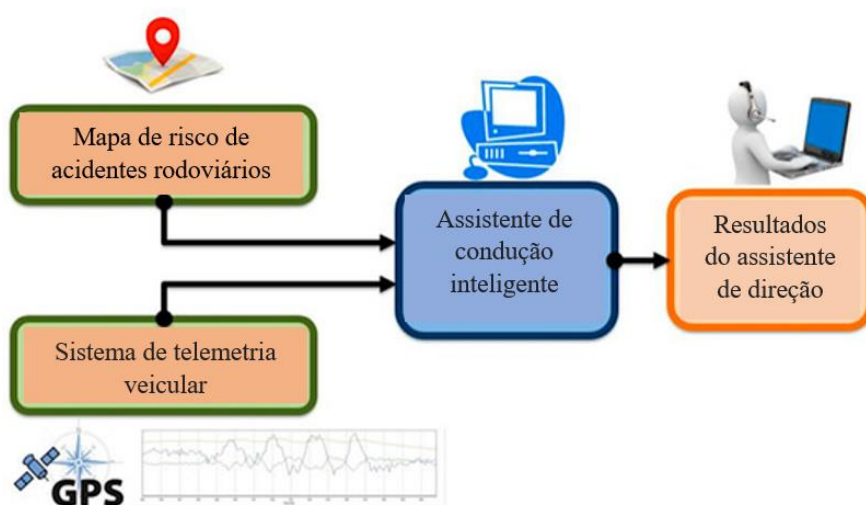


Figura 2.18: Assistente de condução inteligente. Esquema do sistema
Fonte: Terán *et al.* (2020)

Um dos primeiros recursos de ITS a serem utilizados massivamente por transportadoras e veículos particulares foi o uso de dispositivos para estabelecer a localização com base nas coordenadas geográficas de posicionamento global, recurso popularmente conhecido como GPS. Nesse sentido, Vieira *et al.* (2021) apresentam as geotecnologias aplicadas ao transporte de cargas no Brasil, mostrando uma revisão sistemática e comparação entre os recursos disponíveis.

O sensoriamento remoto sem dúvida deve ser levado em consideração quando se discute o controle e monitoramento do fluxo rodoviário de veículos, nesse contexto Maria *et al.* (2021) vêm com um foco voltado à verificação do volume de partículas emitidas pelos veículos com auxílio de instrumentos capazes de identificar potenciais poluidores, podendo haver também a correlação com o excesso de peso, pois, conforme já abordado anteriormente, os veículos com sobrecarga fazem uso excessivo dos recursos mecânicos embarcados, aumentando significativamente a emissão de poluentes e o consumo de combustível.

Percebe-se bastante semelhança na dinâmica prevista na infraestrutura necessária para pesagem em alta velocidade com o croqui apresentado por Maria *et al.* (2021), conforme figura 2.19, parecendo ser perfeitamente conjunto o controle do peso veicular com o monitoramento da emissão de poluentes proposta.

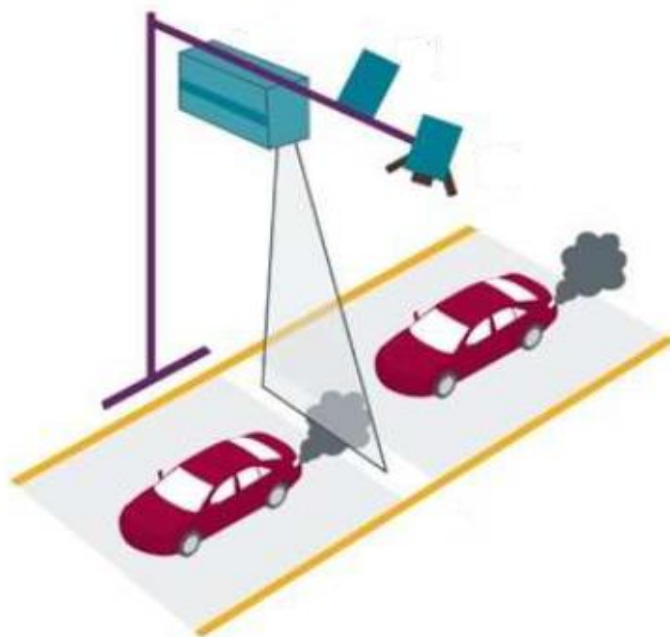


Figura 2.19: Configuração esquemática monitoramento de emissões de gases
Fonte: Maria *et al.* (2021), adaptado de Adaptado ICCT (2018)

Maria *et al.* (2021) ainda concluíram que seria uma grande contribuição e com investimento reduzido se houvesse o controle nas rodovias federais, por meio de sensoriamento remoto, dos veículos movidos à diesel. Essas medidas estão previstas no Programa de Controle de Emissões Veiculares – Proconve e a iniciativa também integra o Programa Nacional da Qualidade do Ar.

2.6 Documentos eletrônicos utilizado no transporte rodoviário de cargas

Não é somente com intervenção física e instalações de equipamentos que é possível realizar o controle sobre bens, veículos e pessoas, com a informatização das rotinas e documentos das Secretarias de Fazenda dos Estados e a Secretaria de Receita Federal, é possível obter uma grande massa de dados relativos à operação de transporte, incluindo características gerais da carga e da relação contratual entre o transportador e o contratante do serviço, o que não existia ou era embrionário até o final do século passado.

Como exemplos de regulamentos e regras aplicadas ao transporte rodoviário de cargas, que são perfeitamente auditadas de forma totalmente eletrônica, podem ser citados o Registro Nacional do Transportador Rodoviário de Cargas – RNTRC, o Vale-Pedágio Obrigatório – VPo, a Política Nacional de Piso Mínimo do Frete – PMF e o Pagamento

Eletrônico de Frete – PEF, sendo todas as rotinas por meio de sistema informatizado ou com as informações necessárias presentes em algum documento fiscal eletrônico.

Realizando uma análise da evolução do sistema pelos governos, Angeli e Martinez (2016) indicaram que a simplificação contábil possibilitou a disponibilização de serviços na internet que até então eram estritamente físicos, como os escritórios de contabilidade, pois as rotinas de emissão e controle de documentos fiscais se tornou mais simplificada para as empresas e o controle também ficou mais fácil por parte do Estado, vislumbrando com isso a possibilidade de aumento da arrecadação.

Dentre os documentos eletrônicos que, em regra, são necessários à realização do transporte rodoviário, se destacam: o Manifesto Eletrônico de Documentos Fiscais - MDF-e, Nota Fiscal Eletrônica – NF-e e o Documento de Transporte Eletrônico - DT-e.

Por meio do ajuste emitido pelo Sistema Nacional de Informações Econômicas e Fiscais – SINIEF n. 21, de 10 de dezembro de 2010, foi instituído o MDF-e, passando gradativamente a ser adotado pelos contribuintes do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre a Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação - ICMS, substituindo o então Manifesto de Carga, passando a ser um documento totalmente eletrônico e emitido por meio de assinatura digital, o que garante sua validade jurídica.

O MDF-e consolida em um único documento as informações referentes às Notas Fiscais Eletrônicas – NF-e e dos Documentos de Transporte Eletrônicos - DT-e presentes em uma operação de transporte, conforme ilustrado na figura 2.20, permitindo ainda o registro de eventos importantes, uma vez que o documento permanece aberto e passível de alterações até o seu fechamento.

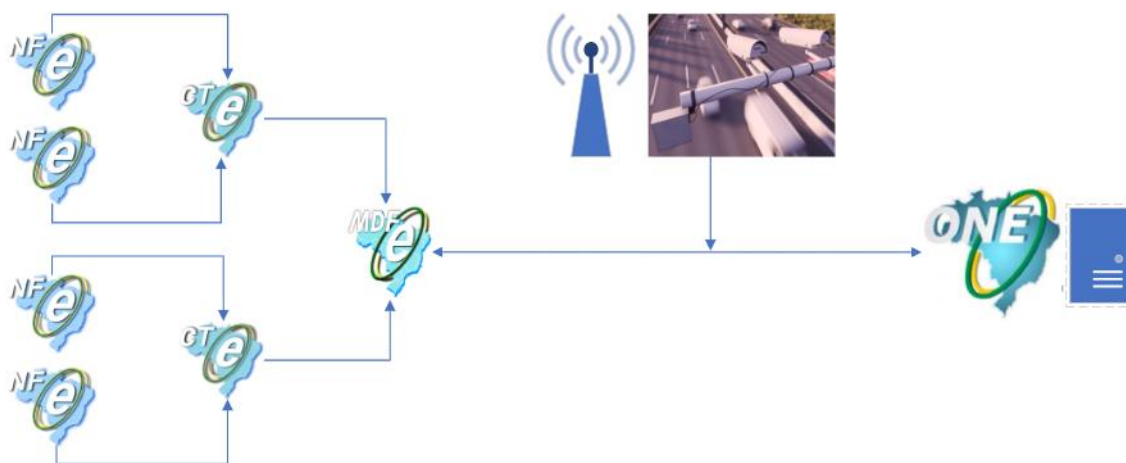


Figura 2.20: Fluxo MDF-e
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Com o objetivo de gerar registro de passagem nos documentos fiscais transportados, por meio da placa ou outro dispositivo de identificação do veículo, com a sua respectiva localização, foi criado o Operador Nacional dos Estados – ONE, definido como o sistema responsável por integrar os documentos fiscais eletrônicos com as tecnologias de identificação de veículos nas rodovias brasileiras.

O veículo passa por diversos pontos de checagem durante uma viagem sem precisar interromper o deslocamento, todas as praças de pedágio, medidores de velocidade e PPVs são dotados de equipamentos capazes de registrar a placa ou o tag, por isso, um dos eventos mais importantes incluídos no MDF-e é o registro de passagem, pois é possível garantir que aquela operação de transporte efetivamente aconteceu e com isso monitorar todas as informações prestadas, desde a origem até o destino.

Pelo fato de ser um documento totalmente digital, permitiu o desenvolvimento de projetos como o denominado de “projeto MDF-e Integrado”, cujo objetivo é exatamente o intercâmbio dos dados presentes com outras instituições e atores envolvidos na operação de transporte, como as Empresas Transportadoras de Cargas (ETC), Transportadores Autônomos de Cargas (TAC), ANTT, Administradores de Meios de Pagamentos e Secretarias de Fazenda, trazendo maior celeridade na emissão e integração.

Dentre as informações obrigatórias do MDF-e estão os dados referentes à carga transportada, incluindo o peso dos produtos embarcados e os responsáveis pelas

operações, o que permite a verificação da regularidade do veículo quanto ao limite de peso mesmo antes do início da viagem, sendo uma importante ferramenta para promover a automatização do processo de pesagem.

Seguindo a mesma lógica adotada pela área do fisco, por meio de Brasil (2021), foi instituído o Documento Eletrônico de Transporte (DT-e), também criado exclusivamente no meio digital, de geração e emissão prévias obrigatórias à execução da operação de transporte de carga no território nacional, tendo como objetivos: a unificação e redução e simplificação de dados e informações sobre cadastros, registros, licenças, certidões, autorizações e seus termos de qualquer esfera governamental; proporcionar a implementação de políticas de logística e transporte; e atender às necessidades de dados para o planejamento, a execução e a promoção do uso da tecnologia.

A própria lei que instituiu o DT-e já define que no documento deverão constar todos os dados e informações cadastrais, contratuais, logísticas, registrais, sanitárias, de segurança, ambientais, comerciais e de pagamento, inclusive valor do frete e dos seguros contratados, que tenham algum tipo de relação com a operação de transporte, o que, quando integrado ao sistema eletrônico de monitoramento nas rodovias, possibilitará identificar em tempo real os veículos e suas cargas, sendo um grande avanço também no que diz respeito à segurança pública.

Buscando avaliar o impacto da implantação do DT-e no controle de peso dos veículos no transporte rodoviário de cargas, Marcos (2021) destaca a possibilidade que o DT-e traz em disponibilizar de forma unificada e centralizada todas as informações do condutor, do veículo, da carga e do transporte, acabando com a necessidade de interrupção da viagem para coleta manual dos documentos que caracterizam a operação de transporte, o que onera o transportador e o todo o sistema logístico.

Com os dados da operação de transporte, existe a possibilidade de automatizar a checagem daqueles veículos cuja documentação digital já contenha todas as informações, pois a abordagem para obter dados básicos já não é mais necessária, com isso, existiria a diminuição de custos ao transportador que demonstrar preventivamente sua regularidade, possibilitando ao Estado o controle e monitoramento do fluxo logístico pelas rodovias (Marcos, 2021).

Parece perceptível o impacto positivo da implantação dos documentos eletrônicos, seja para os empresários, com a redução da burocracia e diminuição de custos, seja para os governos, que poderão monitorar em tempo real a arrecadação de impostos e controlar de forma online toda movimentação de bens e prestação de serviço, facilitando assim a cobrança de impostos e controle operacional do mercado controlado.

2.7 Análise e síntese

Com base na análise bibliográfica realizada, observa-se grande quantidade de estudos, normas e regulamentos que possuem ligação direta ou indireta com o tema abordado na dissertação, envolvendo questões legais, metrológicas, fiscais e especialmente questões relacionadas ao uso de tecnologias voltadas ao transporte rodoviário de cargas.

A presente abordagem visa realizar uma avaliação sistêmica de todos os fatores que envolvem uma possível automatização do processo de pesagem, visto que serão necessárias abordagens transversais quando se propões uma quebra de paradigma do modelo operacional adotado por cinco décadas consecutivas. A caracterização do sistema de pesagem possibilitou conhecer de uma forma geral toda rotina que envolve a atuação das organizações que fiscalizam o peso veicular, abordando os regulamentos e normas voltadas para área de trânsito e os que envolvem a questão metrológica, estado ambas intrinsecamente correlacionadas.

Observou-se o dano que o excesso de peso provoca ao pavimento, diminuindo drasticamente a vida útil e ampliando a necessidade de alocação de verba pública na manutenção das vias. Nesse contexto, pela avaliação da qualidade das rodovias realizada pela CNT, percebe-se uma melhora gradual dos índices de qualidade se comparados os levantamentos realizados nos anos de 2005, 2013 e 2021, onde houve uma redução significativa das vias classificadas como ruins ou péssimas. A mudança da característica se deve ao maior investimento em infraestrutura e um melhor controle de peso, contudo, os valores ainda se encontram inferiores ao que seria ideal, pois somente um pouco mais de 38% das rodovias são consideradas ótimas ou boas para o tráfego.

Para mensurar o impacto da sobrecarga no pavimento dois métodos empíricos foram brevemente apresentados, sendo os da AASHTO e USACE, ambos desenvolvidos próximos na década de 60 do século passado, ainda permanecendo em uso. Em resumo, há a conversão da passagem do pneu sobre certo ponto em um fator de equivalência de carga por eixo, que, por meio de cálculos matemáticos, é possível inclusive realizar o dimensionamento do pavimento com os resultados obtidos.

Muito importante foi a avaliação dos aspectos econômicos e sociais, com especial destaque à análise realizada por Ghisolfi (2018), onde foram criados cenários que buscam expor os ganhos econômicos que o excesso de peso pode trazer, escalonando a importância dos aspectos sociais, demonstrando que se forem desconsiderados os fatores sociais o excesso de carga é extremamente interessante economicamente. Houve ainda a explanação dos custos fixos e variáveis aplicados ao transporte, trazendo definições generalistas e outras específicas, como a abordagem em ANTT (2020), que regulamenta a Política de Piso Mínimo do Frete.

Sem dúvida um dos temas com maior diversidade de material e publicações é o que trata do Sistema em alta velocidade (“*Hight Speed Weigh-in-Motion*” (*Hs-Wim*)), sendo apresentados os principais avanços tecnológicos e tipos de equipamentos utilizados para medir o peso de veículos, sendo uma abordagem bem esclarecedora e didática, possibilitando uma visão geral do tema e das abordagens técnicas selecionadas.

É necessário o uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport System – ITS*) para automatização de processos que até então eram manuais, nesse contexto, foi trazido um breve histórico do uso de recursos tecnológicos aplicados aos sistemas de infraestrutura logística, sendo perceptível a evolução da última década e a possibilidade de aplicação em maior abrangência e em segmentos que até então fazem pouco uso de automatização.

É possível inferir que o uso de tecnologias pode ser o ponto chave para aprimoramento da atividade de pesagem veicular, interligando os motoristas, veículos, vias e sistemas de controle de tráfego e operação rodoviária, incluindo no rol de atores aqueles que possuem como foco os aspectos criminais e fiscais.

Foi realizada uma breve abordagem quanto aos documentos eletrônicos obrigatórios na operação do transporte rodoviário, possibilitando demonstrar que boa parte dos dados necessários ao controle operacional dos veículos e transportadores já foi declarado pelo próprio regulado, estando disponível para conferência eletrônica em pontos de checagem, não necessitando interromper a viagem para averiguar questões que já são de conhecimento do Estado.

Por fim, entende-se que a revisão sistemática da literatura possibilitou observar o status atual de desenvolvimento das tecnologias e ferramentas necessários ao aprimoramento do sistema de pesagem, assim como a legislação e regulamentos que têm influência direta com o objetivo do presente estudo. A revisão da bibliografia possibilitou observar os pontos que merecem maior atenção e os que já possuem elevado grau de desenvolvimento, sendo todas as abordagens relevantes em relação à proposta apresentada.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo serão expostos os processos utilizados para delimitação da pesquisa e os recursos utilizados para o seu desenvolvimento, demonstrando as técnicas adotadas nas etapas de formulação do trabalho, permeando as etapas supracitadas.

Este capítulo busca também expor a sequência de atividades desenvolvidas na dissertação para atendimentos dos objetivos estabelecidos, onde, apesar de não ser uma avaliação de serviço ao usuário final, é possível adotar os conceitos trazidos por Stradling *et al.* (2007) para avaliar a performance, a importância e descontentamento de um serviço, realizando-se o procedimento em passos definidos e organizados para o atingimento dos objetivos traçados.

A estrutura metodológica é de grande importância para a organização da sequência de tarefas e procedimentos necessários ao desenvolvimento do estudo e obtenção dos resultados esperados, permitindo expor aos leitores o processo decisório adotado pelo autor e a forma pela qual o texto foi desenvolvido.

De uma forma geral, o plano de pesquisa se desdobra em algumas macros tarefas, como exemplo a definição da estratégia de investigação, a escolha das técnicas para obtenção dos dados necessários ao desenvolvimento, a amostra que será avaliada com os procedimentos para coleta dos dados, o instrumento que será adotado para pesquisa e a forma que os dados serão tratados, sendo possível adaptações pelo autor para melhor aderência ao processo metodológico adotado para o caso específico.

Para o presente caso as seis etapas de desenvolvimento foram: (1) Definição da área de estudo e planejamento, (2) Aplicação de questionário semiestruturado, (3) Análise bibliométrica, Levantamento e obtenção dos dados, (4) Tratamento dos dados e definição de indicadores, (5) Construção de cenários e (6) Análise e discussão dos resultados, conforme ilustrado na figura 3.1.

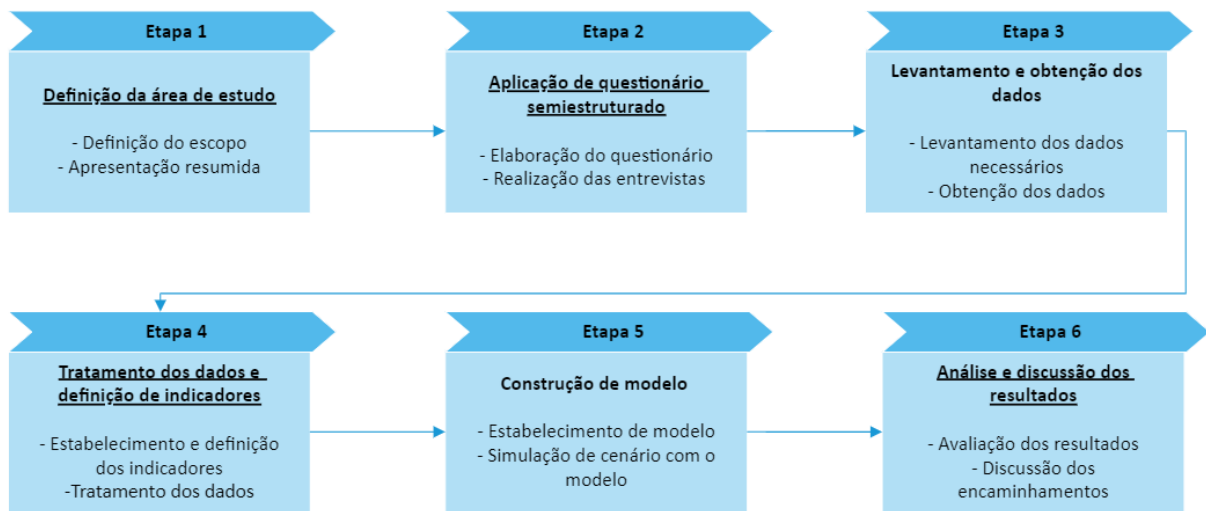


Figura 3.1: Procedimento proposto
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Após a abordagem inicial indicando os itens do procedimento metodológico, serão detalhadas as fases de aplicação do procedimento, momento que será possível demonstrar com maior riqueza os processos decisórios, rotinas e métodos adotados na formulação do estudo e desenvolvimento da dissertação.

3.1. Definição da área de estudo e planejamento

A definição da área de estudo e do escopo do estudo tem relação direta com o tema abordado e disponibilidade de dados, a definição da área de estudo possui elevada relevância para a evolução do trabalho e análise dos dados coletados. A proximidade com as rotinas profissionais do autor também teve relevante importância na definição da área de estudo, facilitando a interpretação do referencial bibliográfico observado na pesquisa e contribuindo substancialmente para uma adequada análise crítica das soluções e resultados obtidos, sendo detalhada no próximo capítulo.

O planejamento da pesquisa visa demonstrar aos leitores as macros etapas planejadas e a sequência lógica do estudo, definindo as fases e dividindo as etapas de acordo com a característica e evolução da abordagem. Sendo uma das partes mais importantes da pesquisa, é fundamental que as definições e escolhas retratem e direcionem ao encontro do atendimento dos objetivos gerais e específicos definidos.

3.2. Aplicação de questionário semiestruturado

Uma importante etapa da pesquisa é a decisão da forma que serão colhidos subsídios diretamente de uma pessoa ou grupo de pessoas, existem algumas técnicas possíveis para se alcançar o objetivo, dentre outras, podem ser citadas: questionário, entrevista, observação direta, registros institucionais e grupo focal. Ribeiro (2008) elaborou o quadro 3.1 contendo os pontos forte e pontos fracos observados em cada método, sendo uma fonte de esclarecimento e auxílio à tomada de decisão.

Quadro 3.1: Técnicas de pesquisa
Fonte: Ribeiro (2008)

Técnica de Coleta	Pontos Fortes	Pontos Fracos
Questionário	<ul style="list-style-type: none"> - Garante o anonimato - Questões objetivas de fácil pontuação - Questões padronizadas garantem uniformidade - Deixa em aberto o tempo para as pessoas pensarem sobre as respostas - Facilidade de conversão dos dados para arquivos de computador - Custo razoável 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa taxa de respostas para questionários enviados pelo correio - Inviabilidade de comprovar respostas ou esclarecê-las - Difícil pontuar questões abertas - Dá margem a respostas influenciadas pelo “desejo de nivelamento social” - Restrito a pessoas aptas à leitura - Pode ter itens polarizados/ambíguos
Entrevista	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibilidade na aplicação - Facilidade de adaptação de protocolo - Viabiliza a comprovação e esclarecimento de respostas - Taxa de resposta elevada - Pode ser aplicada a pessoas não aptas à leitura 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado - Consome tempo na aplicação - Sujeita à polarização do entrevistador - Não garante o anonimato - Sensível aos efeitos no entrevistado - Características do entrevistador e do entrevistado - Requer treinamento especializado - Questões que direcionam a resposta
Observação Direta	<ul style="list-style-type: none"> - Capaz de captar o comportamento natural das pessoas - Minimiza influência do “desejo de nivelamento social” - Nível de intromissão relativamente baixo - Confiável para observações com baixo nível de inferência 	<ul style="list-style-type: none"> - Polarizada pelo observador - Requer treinamento especializado - Efeitos do observador nas pessoas - Pouco confiável para observações com inferências complexas - Não garante anonimato - Observações de interpretação difícil - Não comprova/esclarece o observado - Número restrito de variáveis
Registros Institucionais (Análise Documental)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo - Tempo de obtenção é reduzido - Informação é estável 	<ul style="list-style-type: none"> - Dados incompletos ou desatualizados - Excessivamente agregados - Mudanças de padrões no tempo - Uso restrito (confidencialidade) - Dados difíceis de recuperar
Grupo Focal	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo e resposta rápida - Flexibilidade na aplicação - Eficientes para obter informações qualitativas a curto prazo - Eficiente para esclarecer questões complexas no desenvolvimento de projetos - Adequado para medir o grau de satisfação 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige facilitador / moderador com experiência para conduzir o grupo - Não garante total anonimato - Depende da seleção criteriosa dos participantes - Informações obtidas não podem ser generalizadas

No presente estudo o uso de questionário semiestruturado se encaixou aos objetivos, sendo necessário o anonimato e se caracterizando por possuir um roteiro semiaberto, podendo variar o volume de perguntas de acordo com as respostas trazidas, dando mais liberdade ao processo, tendo a versatilidade como a grande vantagem.

O uso inicial da ferramenta possibilita o desenvolvimento textual em consonância com o entendimento dos atores-chaves participantes do questionário, fazendo-se uso de outras técnicas de coleta de dados no decorrer da pesquisa, em especial a observação direta e a coleta de registros institucionais.

3.3. Análise bibliométrica, levantamento e obtenção dos dados

Para obter um levantamento geral sobre a história da arte envolvendo o tema, foi elaborada análise bibliométrica buscando estudos e publicações relacionados ao estudo, a bibliometria é considerada uma área de pesquisa científica da informação, obtendo uma visão geral bibliográfica por meio do volume de publicações e demais formas de divulgação de estudos em um determinado período, conforme tratam Pimenta *et al.* (2017) e Merigó *et al.* (2018).

O levantamento bibliométrico possibilita apontar os resultados de esforços realizados em pesquisas e estudos anteriormente realizados, estabelecendo relações e identificando interações entre agentes e trabalhos desenvolvidos, ou ainda, estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada (Macias-Chapula 1998).

A natureza da pesquisa pode ser qualitativa, quantitativa ou mista, conforme abordado por Creswell (2009), sendo adotada para a presente pesquisa a natureza mista, trazendo mais flexibilidade à abordagem e possibilitando desenvolver de uma melhor forma a avaliação do cenário. No desenvolvimento da pesquisa qualitativa, Gibbs (2009) defende a importância de estudos que identifiquem aspectos sociais dos indivíduos, como: experiências, interações e comunicações. Gibbs (2009) ainda ressalta que a pesquisa qualitativa inclui qualquer forma de comunicação humana, abrangendo a abordagem para um conceito mais expandido.

No desenvolvimento de uma pesquisa qualitativas, as principais técnicas utilizadas, segundo Gibbs (2009) são: entrevistas individuais ou grupos focais e suas transcrições; observação participante etnográfica; correio eletrônico; páginas, notícias e conversas em bate-papos da internet; propaganda impressa, falada ou televisionada; vídeos; documentos como livros e revistas; diários; fotografias; e filmes. Dicker (2009) elaborou quadro demonstrativo com as principais características da natureza de pesquisa, indicando dentre as sete dimensões citadas, a principal característica das abordagens.

Para enriquecimento do conteúdo, é importante buscar na literatura, por meio da revisão sistemática, o que foi abordado por pesquisadores em todo o mundo. A aplicação da análise bibliométrica, assim como o levantamento e obtenção de dados, demonstram ao leitor as técnicas e a origem dos dados apresentados no estudo, facilitando um possível aprofundamento do tema.

3.4. Tratamento dos dados e definição de indicadores

O tratamento dos dados é uma das fases mais importantes do desenvolvimento da pesquisa, pois, a partir dele serão construídos os cenários e realizadas as análises e discussões sobre o tema abordado. Gibbs (2009) destaca que existem diferentes técnicas de produção e tratamento de dados no decorrer de uma pesquisa científica, sendo importante definir as técnicas e instrumentos mais adequados para realizar o levantamento e tratamento de cada caso específico.

A definição dos indicadores se torna uma importante etapa do procedimento metodológico, pois, por meio deles serão priorizadas propostas e ações, assim como mensurados os impactos e externalidades decorrentes dos cenários propostos. Miranda e Silva (2002) já destacavam que, em função de características particulares de cada abordagem, a definição dos indicadores corretos e aderentes ao interesse da pesquisa é um dos maiores desafios para avaliação do desempenho.

Os indicadores admitidos tendem a ter uma relação próxima com os pontos entendidos como prioritários a serem tratados, podendo ser utilizada ferramenta de qualificação progressiva dos problemas observados, investindo-se recursos e esforços na solução de

questões inseridas em um maior grau de criticidade, garantindo melhoria da eficácia e eficiência no processo de mitigação dos gargalos identificados.

3.5. Construção de cenários

Com base nos dados obtidos, nas entrevistas e na revisão bibliográfica realizada, é possível construir um cenário que venha a contribuir para mitigação dos pontos críticos encontrados, propondo uma formulação onde as fraquezas e ameaças do modelo atualmente adotado sejam tratadas.

Com base no cenário proposto poderá ser desenvolvida a avaliação comparativa entre o estado atual e a perspectiva apresentada, garantindo os subsídios necessários ao processo de tomada de decisão. A perspectiva se baseia no conhecimento apresentado na pesquisa, tendo como base os dados reais observados e as teorias apresentadas, formulando o subsídio necessário ao estabelecimento de um novo cenário que seja aplicável à realidade, podendo ter como concepção as características da pesquisa-ação, indicada por Tripp, D. (2005) como uma estratégia para o desenvolvimento com base no aprendizado obtido.

Nesse sentido, a criação de cenários pode possibilitar avaliar os conceitos trazidos na revisão bibliográfica e incorporar soluções, avaliando o impacto que cada uma delas terá no desempenho do sistema avaliado, podendo ser desdobrado e direcionados para um propósito entendido como prioritário na análise do problema.

A partir dos cenários produzidos, é possível realizar a projeção dos insumos necessários à sua operacionalização e as externalidades por ele produzidas, a formulação do cenário pode ser entendida como a criação de uma visão prospectiva de futuro baseados em acontecimentos ocorridos, estudos realizados e dados estatísticos.

Nesse contexto, os impactos de cada um dos cenários traçados serão analisados de acordo com as referências obtidas pelo autor, buscando captar os resultados possíveis e as consequências prováveis caso se torne uma realidade, mensurando as questões tidas como críticas para a avaliação do impacto projetado.

3.6. Análise e discussão dos resultados

Nessa última etapa é realizada a análise do cenário proposto, momento que podem ser verificados os aspectos técnicos e metodológicos adotados na pesquisa, assim como a sua aplicabilidade e efetividade. A discussão tem por objetivo trazer uma visão crítica referente ao modelo construído e às externalidades observadas em decorrência da aplicação de propostas de melhoria dos processos e rotinas.

Com base nas análises e discussões, será possível propor a elaboração de estudos adicionais e aprimoramento da metodologia adotada da pesquisa, aumentando a perspectiva de aplicação do cenário proposto e subsidiando autoridades no desenvolvimento de políticas governamentais referentes ao tema.

4. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A aplicação do procedimento metodológico é a estrutura da pesquisa realizada, sendo expostas todas as etapas e metodologias adotadas para desenvolvimento da pesquisa expondo ao leitor a dinâmica adotada e os resultados obtidos.

A abordagem é voltada para avaliar os possíveis avanços metodológicos e procedimentais para garantir uma melhor efetividade do monitoramento rodoviário em vias federais concedidas, trabalhando com parâmetros mensuráveis de qualidade, direcionando o escopo de pesquisa para uma análise mista, pois em algumas abordagens se adota o modelo quantitativo e em outras o qualitativo.

A parte introdutória terá direcionamento descritivo para familiarizar o leitor ao tema, expondo o atual cenário que se encontra o sistema de controle de peso, mostrando os dados obtidos por pesquisa bibliográfica e fornecidos pelas instituições. No decorrer da pesquisa, a abordagem será redirecionada a explicar os possíveis impactos positivos e negativos no sistema, considerando as intervenções abordadas por autores e autoridades diretamente ligadas ao transporte rodoviário de cargas.

4.1. Etapa 1 - Definição da área de estudo e planejamento

A definição da área de estudo se dá pela proximidade profissional do autor com as concessões rodoviárias federais brasileiras, além do fato que essas vias estão entre os principais corredores logísticos do país, sendo possível obter os dados necessários à pesquisa, de forma a representar uma amostra relevante.

A maioria dos contratos de concessão já preveem a implantação e operacionalização do sistema de pesagem na modalidade fixa, com condições de verificar as situações de excesso de peso em qualquer veículo, assim como efetuar autuações e transbordo das cargas em excesso, sendo auxiliado pela pesagem dinâmica permanente, devendo operar permanentemente, durante 24 horas, todos os dias da semana.

A amostra de pesquisa definida foram os postos de pesagem localizados nas rodovias federais sob concessão administradas pela ANTT, que em 2022 correspondem a

24 concessões, totalizando aproximadamente 13.000 km (ANTT, 2022), conforme figura 4.1. Essas vias têm o cronograma de investimentos e intervenções estabelecidas no Plano de Exploração da Rodovia – PER, sendo o documento que especifica todas as condições para execução do Contrato, caracterizando todos os serviços e obras previstos para realização pelas Concessionárias ao longo do prazo da Concessão.

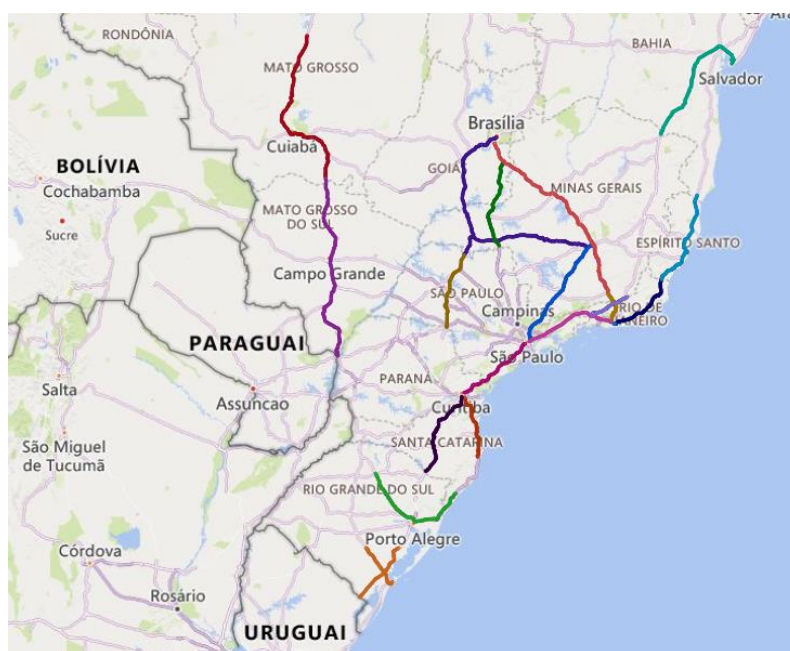


Figura 4.1: Concessões rodoviárias federais
Fonte: ANTT (2023)

Nos contratos lavrados após o ano de 2014 já consta como obrigação das concessionárias a instalação de todos os recursos necessários para implementação de um sistema de autuação remota por parte da ANTT, onde também existe a previsão que os sistemas devem de forma permanente atender às suas funções, se adequando a um futuro padrão de qualidade e de modernidade que venha a surgir.

Atualmente a ANTT possui aproximadamente 40 postos de pesagem construídos e com alguma atividade nos anos de 2021 e 2022, com base nas entrevistas realizadas, foram selecionadas 24 instalações para obtenção dos dados e avaliação dos indicadores, sendo os listados no quadro 3.2:

Quadro 3.2: Postos de pesagem e localização

Fonte: Autor

Município	Rodovia (BR)	Estado (UF)	Km	Concessionária
Campos dos Goytacazes	BR 101	RJ	97,4	Arteris Fluminense
Tanguá	BR 101	RJ	272,2	Arteris Fluminense
Garuva	BR101	SC	14+290	Arteris Litoral Sul
Fazenda Rio Grande	BR-116	PR	129+900	Arteris Planalto Sul
Campo do Tenente	BR-116	PR	193+100	Arteris Planalto Sul
São S. da Bela Vista	BR 381	MG	844,5	Arteris Fernão Dias
Itapeçerica da Serra	BR 116	SP	296	Arteris Regis Bittencourt
Guararema	BR 116	SP	179+500 Sul	CCR RIO-SP S.A.
Queluz	BR 116	SP	0 + 800 Norte	CCR RIO-SP S.A.
Resende	BR 116	RJ	301+500 Sul	CCR RIO-SP S.A.
Paracambi	BR 116	RJ	217+500 Sul	CCR RIO-SP S.A.
IPAMERI	BR 050	GO	127,6	Eco050
IPAMERI	BR 050	GO	136,5	Eco050
Uberlândia	BR 050	MG	84,9	Eco050
Uberaba	BR 050	MG	161,8	Eco050
Linhares	BR101	ES	137+800	Eco101
Serra	BR101	ES	251+400	Eco101
Rio Novo do Sul	BR101	ES	393+000	Eco101.
Pelotas	BR-116	RS	509,780	Ecosul
Rio Grande	BR-392	RS	47,850	Ecosul
Sapucaia	BR 393	RJ	137+380	K-Infra Rodovia do Aço
Teresópolis	BR-116	RJ	71	Rio Teresópolis S/A
Magé	BR-116	RJ	131	Rio Teresópolis S/A
Rondonópolis	BR163	MT	108,5	Rota do Oeste

Para desenvolvimento da dissertação, a pesquisa foi desmembrada em macro etapas, de forma a demonstrar aos leitores a sequência lógica do estudo de acordo com a característica e evolução da abordagem.

Na fase inicial foi realizada extensa análise bibliométrica, que é considerada uma busca quantitativa de pesquisa científica, avaliando a contribuição do conhecimento científico a partir de um vasto conjunto de publicações. A partir da análise bibliométrica se inicia o processo contínuo de revisão sistemática, garantindo a atualidade da pesquisa com matérias, estudos e publicações recentes, mantendo a revisão até o final do processo.

Ainda na fase inicial, foi elaborada a primeira minuta do projeto de dissertação, momento que foi possível discutir de uma forma mais estruturada o tema proposto, sendo um instrumento para nortear a continuidade da pesquisa. Com o direcionamento inicial, foi possível avançar para a fase de coleta de dados, processo longo e fundamental para

subsidiar o posterior desenvolvimento da dissertação, sendo nessa fase a definição de indicadores e mensuração dos dados, avaliando junto à orientadora o material obtido.

Após as duas fases iniciais que tiveram como foco o desenvolvimento de uma visão geral do tema e a busca de subsídios para uma avaliação técnica, foi realizada a fase de desenvolvimento, que envolveu a publicação de artigos científicos, como em Marcos (2021).

Para exemplificar a proposta de desenvolvimento da pesquisa, segue figura 4.2 com o fluxograma que descreve as fases planejadas, sendo subdivididas em quatro grandes fases: fase inicial, coleta de dados, desenvolvimento e fase final.

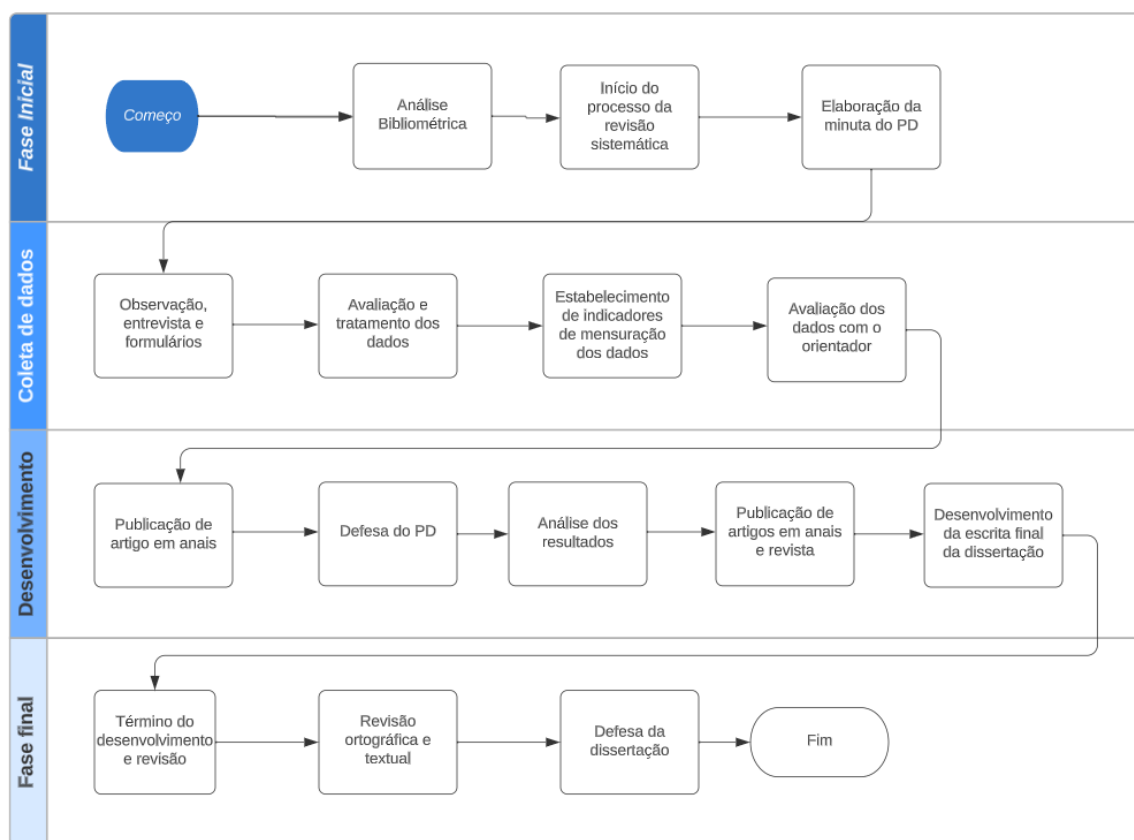


Figura 4.2: Fluxograma das fases de execução
 Fonte: Elaboração própria (2023)

4.2. Etapa 2 - Aplicação de questionário semiestruturado

Essa é uma importante etapa da fase de obtenção de dados da pesquisa, pois possibilita coletar o conhecimento prático dos atores escolhidos para participar da pesquisa, assim como o entendimento de cada um quanto a alguns aspectos considerados relevantes. A dificuldade de se encontrar atores ligados diretamente à gestão e operação da atividade acaba por limitar o rol de entrevista, não sendo o objetivo ter uma amostra com validade estatística.

Considerando a especificidade do tema, na presente pesquisa o questionário foi direcionado para o público específico que trata do controle de peso em rodovias, sendo selecionados oito entrevistados entre gestores públicos e operadores rodoviários das concessionárias de rodovias, sendo cinco da área de gestão e três operacionais, obtendo-se seis respostas, todos com condições de apresentar propostas e pareceres embasados na realidade vivida nas suas rotinas de trabalho. A escolha dos destinatários se deve pela vivência e experiência operacional com a atividade avaliada, não sendo um objetivo a validação estatística, pois, mesmo se fossem todos com notório saber, a amostra ainda sim seria reduzida.

Foram elaboradas dez perguntas sequenciais, sendo as primeiras voltadas à identificação do perfil do entrevistado e as demais quanto à avaliação do sistema de pesagem veicular, solicitando-se que as respostas fossem as mais sucintas e diretas possíveis. O questionário foi encaminhado ao e-mail institucional do setor dos atores selecionados, indicando um link do *Google Forms*, sendo que somente seis das oito pessoas responderam no prazo que o formulário ficou disponibilizado, não sendo possível identificar quais atores não atenderam ao pedido.

Buscando proporcionar aos entrevistados a tranquilidade para que eles transcrevessem respostas de acordo com o entendimento pessoal, assim como garantir a imparcialidade das respostas, o anonimato foi uma premissa, pois a exposição dos colaboradores poderia viciar a resposta positivamente ou negativamente, dependendo da posição profissional, motivo que foi escolhido esse método para viabilizar uma maior transparência nas exposições.

Apesar da limitação do número de entrevistados, não se observou a necessidade de ampliar a pesquisa pelo fato de o assunto ser bem específico e das respostas trazidas demonstraram que os números de respondentes satisfizeram os objetivos esperados, que era apenas traçar um panorama da visão e indicação de pontos críticos quanto ao modelo de verificação de peso. A limitação de participantes impossibilita que os dados sejam validados estatisticamente, mas, para fins de desenvolvimento do presente trabalho foram utilizadas a fim de subsidiar o desenvolvimento dos temas e indicação dos pontos críticos.

Não foi estimado o quantitativo ideal de respostas necessárias à validação estatística de um entendimento dos atores, sendo escolhido o grupo de respondentes com base na sua posição profissional. Dentre as seis respostas recebidas, todas as questões foram respondidas, estando no anexo da presente dissertação, e, com base nas respostas apresentadas, foi possível obter o seguinte diagnóstico exposto no quadro 4,1:

Quadro 4.1: Questionário semiestruturado
Fonte: Elaboração própria (2023)

Pergunta / Diagnóstico das respostas
<p>1) Qual o seu grau de instrução e formação?</p> <p>Todos os entrevistados têm ao menos nível superior, sendo que a formação é diversificada.</p>
<p>2) Ocupa cargo gerencial e de tomada de decisão na sua instituição/empresa?</p> <p>Os entrevistados possuem cargo gerencial em suas instituições.</p>
<p>3) O(A) Senhor(a) se sente hábil para avaliar e indicar pontos relevantes referentes ao processo de controle de peso em rodovias?</p> <p>A resposta foi que a totalidade se sentia hábil para avaliar e indicar pontos relevantes referentes ao processo de controle de peso em rodovias</p>
<p>4) Com base na sua experiência, entende que o atual sistema de pesagem veicular é eficaz?</p> <p>Somente um dos entrevistados respondeu que sim, contudo registrou que pode melhorar. Todos os demais entrevistados entendem que o processo de pesagem atual não cumpre com satisfação o seu objetivo.</p>
<p>5) Quais fatores influenciam positivamente para a atividade de controle de peso em rodovias (pontos fortes e oportunidades)?</p> <p>Pontos Fortes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alto nível de operação ➤ Operação por agente remoto tida como prioritária pela ANTT, estando no planejamento estratégico ➤ Disponibilidade de infraestrutura tecnológica no CNSO da ANTT

- Postos de pesagens possuem ótima infraestrutura
- Cobertura de monitoramento
- Mão-de-obra qualificada para a atividade, englobando equipe da Agência e das Concessionárias
- Sistemas eletrônicos implantados para lavratura dos autos e processamento das infrações
- Manual de fiscalização aprovado pela Diretoria da Agência
- Esforço da ANTT para manter os postos em atividade e a divulgação de matérias educativas

Oportunidades:

- Aceitação pela sociedade e usuários com a fiscalização, propiciando algo benéfico para todos
- Equipamentos de monitoramento tiveram grande evolução tecnológica nos últimos anos
- Apoio dos órgãos governamentais
- Código Nacional de Trânsito e Resoluções do Contran são bem detalhadas
- Regulamentação metrológica favorável e recentemente atualizada
- Exigência legal da atividade
- Atividade de interesse das concessionárias, sendo também uma obrigação contratual
- A atividade trás segurança para a via
- Possibilidade de iniciar a operação em *Hs-Wim* nos próximos meses
- contribuição para o equilíbrio do setor de transporte

2) Quais fatores influenciam negativamente para a atividade de controle de peso em rodovias (pontos fracos e ameaças)?

Pontos Fracos:

- Excesso de interrupções na operação de pesagem com descontinuidades do processo de pesagem
- Postos em regiões sem cobertura de rede de dados
- Custos de construção dos postos e operação elevados
- Processo manual que necessita de equipe volumosa para manter operante, tendo baixa automatização
- Algumas instalações não dispõem de todos os equipamentos necessários para fiscalização da fuga
- Ausência de servidores da ANTT para operar todos os postos 24 horas por dia presencialmente
- Gestores locais da ANTT sem compromisso com a atividade
- Desinteresse dos servidores de serem lotados em PPVs

Ameaças:

- Impunidade com os grandes infratores, inexistindo legislação que permita punir penalmente os grandes infratores
- Os valores das multas são baixos, estimulando a prática da infração
- Falta de uma política integrada pelo Minfra
- Agenda pró-caminhoneiros do Ministério da Infraestrutura em detrimento à fiscalização
- Facilidade de fuga à fiscalização, não se submetendo ao processo de pesagem

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Falta de integração entre os dados fiscais e a fiscalização de peso ➤ Falta de responsabilização da pessoa física nos casos de grandes excessos ➤ Resistência de parte dos caminhoneiros, pois parte dos caminhoneiros é contra a atividade e atual governo é apoiado pelos caminhoneiros.
<p>6) Na sua opinião, existe o uso adequado de tecnologias inteligentes aplicadas ao transporte (ITS) no processo de fiscalização de peso em veículos que circulam nas rodovias? Por favor, justifique a resposta.</p> <p>Todos entrevistados indicaram que não é adequado o uso de ITS no processo de fiscalização de peso, sendo os principais apontamentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ A atividade ainda é estritamente manual, necessitando de grande equipe de pessoas, sendo muito onerosa e sujeita a erros humanos. ➤ Para realizar tarefas que poderiam ser automáticas. ➤ É possível a incorporação de diversas tecnologias aplicadas ao transporte na verificação de peso veicular. ➤ Já existem tecnologias de identificação de placas e pesagem que são superiores às utilizadas. ➤ Existem diversos recursos que já são utilizados pelas empresas e pelo fisco que poderiam ser introduzidos no processo de pesagem.
<p>7) Quantas pessoas, entre colaboradores e servidores públicos, são necessárias para manter em funcionamento ininterrupto um posto de pesagem no modelo atual?</p> <p>As respostas variaram entre 16 e 26 pessoas para postos fixos e 10 para postos móveis.</p> <p>Parece ser normal tamanha variação, pois o dimensionamento da equipe depende do volume diário médio de veículos que circulam na via monitorada.</p>
<p>8) Entende que é possível reduzir a intervenção humana no processo automatizando os procedimentos? Se sim, para quantas pessoas?</p> <p>Por unanimidade a resposta foi positiva.</p> <p>Como uma regra geral, foi indicado o uso de tecnologia para possibilitar a redução da intervenção humana. Os valores apresentados foram expressos em percentuais - 40 e 50% - e valores absolutos – 10 e 12 -.</p> <p>Dois respostas não apresentaram valores de redução.</p>
<p>9) Com base na percepção que possui, como os usuários (transportadores) enxergam o atual sistema de pesagem?</p> <p>Observa-se que, apesar do entendimento que é necessária a fiscalização, os entrevistados percebem que os usuários possuem certa rejeição ao processo de verificação de peso, seja pelo atraso da viagem ou pelo fato da atuação do Estado não ser isonômica.</p>
<p>10) Deseja tecer mais algum comentário? Fique à vontade.</p> <p>Três das respostas não teceram comentários, uma somente parabenizou pela pesquisa e outras duas sugeriram a criação de grupo de trabalho e que a pesquisa sirva para aprimorar a fiscalização, respectivamente.</p>

4.3. Etapa 3 - Análise bibliométrica, levantamento e obtenção dos dados

Para a análise bibliométrica, foram estabelecidas cinco palavras chaves com ligação direta com o tema, apresentando satisfatório resultado de pesquisa, sendo: veículo, peso, rodovia, clima e transporte.

Após obtenção da massa de dados chegou-se a 181 artigos, posteriormente foram aplicados filtros para retirar os materiais duplicados e finalmente selecionar os termos foco da pesquisa, sendo: pesagem de veículo, pesagem em movimento e pesagem por eixo. Ao final, foram selecionados treze artigos publicados entre os anos de 2010 e 2022.

A seguir é apresentado o roteiro da análise bibliométrica realizada que demonstra a metodologia utilizada para a pesquisa, onde inicialmente foram buscadas cinco palavras chaves, uma vez que essas apresentaram maior número de resultados na busca inicial. Em seguida, foi realizada busca nos 181 artigos com o direcionamento dos termos selecionados, onde, por fim, no período entre os anos de 2010 e 2022, chegou-se ao montante de treze textos para servirem como material inicial da pesquisa. Esse procedimento está ilustrado nas figuras 4.3, 4.4 e 4.5.

1. Vehicle		2. Weight		4. Road	
Vehicle	Agrupamento	Weight	Agrupamento	Road	Agrupamento
Vehicle routing	Vehicle	Vehicle weight	Weight	Off-road vehicles	Road
Green vehicle routing	Vehicle	Vehicle weighing	Weight	Road freight transportation	Road
Vehicle routing problem	Vehicle	Weight-in-motion	Weight	Dynamic road user charging	Road
hybrid vehicles	Vehicle	WIM (Weigh in motion)	Weight	Road dust	Road
Hybrid vehicle	Vehicle	Weigh in Motion	Weight	Road tunnel	Road
Electric Vehicles (EV)	Vehicle	Weigh-in-Motion (WIM)	Weight	Scaled railroad vehicle design	Road
Electric vehicles	Vehicle	bridge weigh-in-motion	Weight	Unpaved roads	Road
Electric vehicles (EVs)	Vehicle	Axle-weight	Weight	Road vehicles	Road
Electric vehicle	Vehicle	axle weight	Weight	Road user charging	Road
Battery electric vehicle (BEV)	Vehicle	Lightweight vehicle	Weight	Road tolls	Road
Fuel cell electric vehicle (FCEV)	Vehicle	Dynamic weighing of vehicles	Weight	Road travel time across time periods	Road
Hybrid electric vehicle	Vehicle	B. Weight loss	Weight	Road gradient	Road
Hybrid electric vehicle (HEV)	Vehicle	Lightweight design	Weight	Off-the-road tyre	Road
Plug-in hybrid electric vehicle (PHEV)	Vehicle	On-board weighing	Weight	Bridges and roads	Road
Series hybrid electric vehicle	Vehicle	Weighing station	Weight	regulations of road transport	Road
Hybrid electric vehicles (HEVs)	Vehicle	gross vehicle weight	Weight	Off-road vehicle performance	Road
Lightweight vehicle	Vehicle	weigh bridge	Weight	Road user interaction	Road
Off-road vehicles	Vehicle	Strain weighing	Weight	road restraint system	Road
Long-combination vehicles	Vehicle	Lightweight	Weight	driver-vehicle-road-environment system	Road
vehicle composition	Vehicle	Overweight trucks	Weight		

3. Climate		5. Transportation	
Climate	Agrupamento	Transportation	Agrupamento
OR in environment and climate change	Climate	Transportation sector	Transportation
Climate change	Climate	Road freight transportation	Transportation
Climate target	Climate	Transportation	Transportation
Life-cycle GHG emissions	Climate	Modal freight transportation	Transportation
Emissions	Climate	Transportation demand analysis	Transportation
GHG emissions	Climate	Freight transportation modeling	Transportation
e emissions	Climate	intelligent transportation systems	Transportation
Environmental emissions	Climate	Transportation disruptions	Transportation
Carbon dioxide emissions	Climate	Transport	Transportation
Carbon emissions	Climate		
CO emissions	Climate		

Figura 4.3: Seleção de palavras-chaves
 Fonte: Elaboração própria (2023)

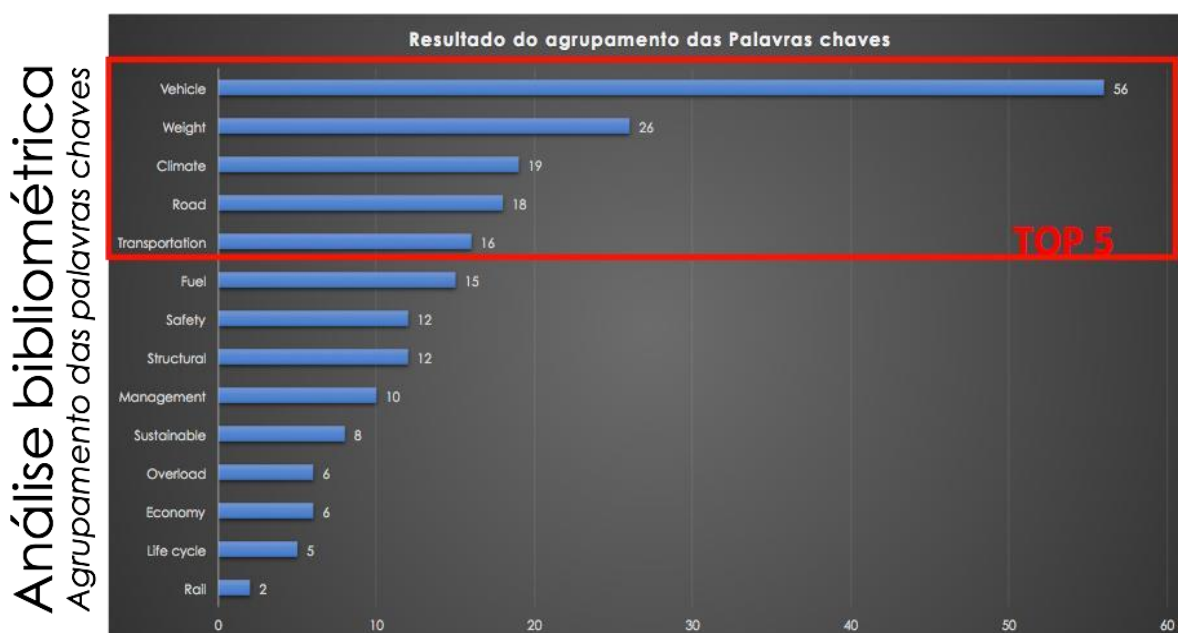
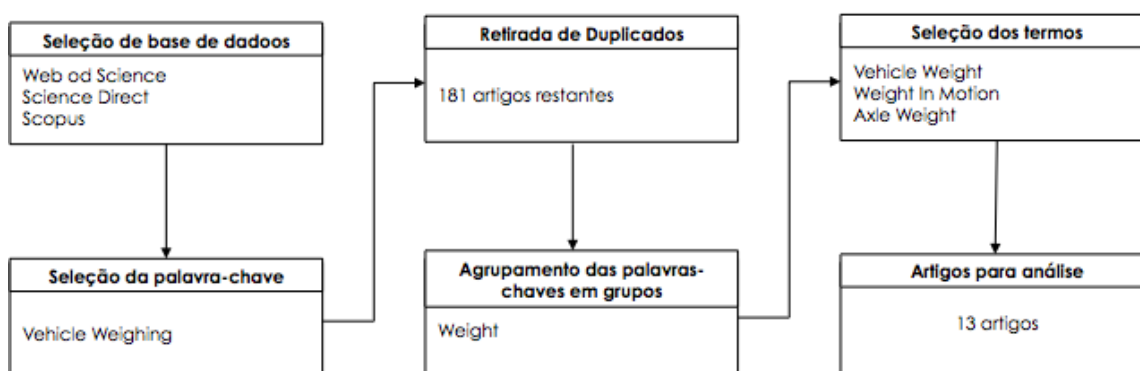


Figura 4.4: Resultado de agrupamento de palavras-chaves
 Fonte: Elaboração própria (2023)



Keyword: Vehicle Weighing; Softwares: EndNote Versão 7 e Excel

Figura 4.5: Fluxo de seleção das palavras-chaves e artigos
 Fonte: Elaboração própria (2023)

No decorrer da pesquisa foram utilizados outros recursos tecnológicos para auxiliar na organização do material coletado, como o aplicativo *Mendeley Reference Manager*, permitindo aglutinar em uma só base todo o conteúdo, simplificando a busca posterior e referenciamento.

4.4. Etapa 4 - Tratamento dos dados e definição de indicadores

No que concerne aos procedimentos técnicos a serem utilizados, foi utilizada uma mescla de métodos de pesquisa, iniciando com vasta revisão bibliográfica sobre os temas correlacionados, sendo direcionada pela análise bibliométrica desenvolvida

primariamente. Outras técnicas de pesquisa também foram utilizadas no decorrer dos estudos, como a pesquisa documental, a pesquisa por estudo de caso e a pesquisa Expost-Facto.

Para cumprimento dos objetivos, utilizou-se instrumentos de coleta de dados, descrevendo as atividades por meio de observação. Para entender melhor a motivação e perspectiva dos gestores públicos no que se refere às definições de projetos de implantação de postos, estudos realizados e modelos de operação, foi realizada entrevista com atores selecionados mediante questionário semiestruturado.

A compilação dos dados obtidos foi realizada por meio de banco de dados digitais que possibilitem o uso de ferramentas computacionais de *Business Intelligence* – BI, propiciando elaborar diagnósticos de acordo com o lapso temporal desejado e com os dados extraídos de forma simplificada, também fazendo uso de sistemas para organização de referências bibliográficas, como o sistema denominado *Mendeley*.

4.5. Etapa 5 - Construção de cenários

Com base nos dados obtidos, nas entrevistas e na revisão bibliográfica realizada, é possível construir cenários que venham a contribuir para mitigação dos pontos críticos encontrados, propondo uma formulação que as fraquezas e ameaças do modelo atualmente adotado sejam tratadas.

Com base no cenário proposto, poderá ser desenvolvida a avaliação comparativa entre o estado atual e a perspectiva apresentada, garantindo os subsídios necessários ao processo de tomada de decisão. O modelo se baseia no conhecimento apresentado na pesquisa, tendo como base os dados reais observados e as teorias apresentadas, formulando o subsídio necessário ao estabelecimento de um novo cenário que seja aplicável à realidade, podendo ter como concepção as características da pesquisa-ação, indicada por Tripp (2005) como uma estratégia para o desenvolvimento com base no aprendizado obtido.

No caso em tela, serão adotados três cenários distintos, possibilitando a avaliação dos pontos críticos e características de cada um, proporcionando ao leitor o entendimento

básico do escopo adotado nos distintos cenários, incluindo o custo operacional e infraestrutura.

4.6. Etapa 6 - Análise e discussão dos resultados

Neste capítulo é realizada a análise do cenário e modelo proposto, verificando-se os aspectos técnicos e metodológicos adotados na pesquisa e sua aplicabilidade e efetividade.

A visão crítica com base no material observado, resposta ao questionário, visitas técnicas, a literatura avaliada e aplicação de propostas de melhoria dos processos e rotinas, é uma fase em que o autor expõe sua perspectiva com base nos conceitos observados e no material coletado. Levando em consideração as análises e discussões, será possível propor a elaboração de estudos adicionais e aprimoramento da metodologia adotada da pesquisa, direcionando a avaliação da forma que o autor entender pertinente.

No presente estudo, a análise terá como base a bibliografia capturada, o resultado da entrevista, análises de campo e avaliação dos cenários, propiciando a discussão técnica dos conceitos e proposições observadas no decorrer do texto.

5. CONSTRUÇÃO DOS CENÁRIOS

Apesar de fundamental para garantir a segurança da via e o equilíbrio econômico do setor, o processo de fiscalização do peso em veículos rodoviários parece ser realizado de forma prioritariamente manual e com grande intervenção humana. Com base na revisão da literatura e entrevistas realizadas, foi possível criar cenários e avaliar o impacto que o processo traria na execução da atividade, norteando uma análise conclusiva que pode suprir os gestores públicos com os dados necessários ao aprimoramento dessa tão importante função.

A formulação de cenários possibilita pensar em uma forma sistemática e estratégica sobre a variedade de potenciais resultados (Turner, 2008), permitindo que a reflexão futura ocorra com base em critérios estabelecidos e com base no conhecimento adquirido. No presente caso, serão construídos três cenários, o primeiro baseado na execução manual das tarefas e processos, em que não há a migração do modelo tecnológico atualmente presente, um segundo cenário com a implantação parcial de recursos tecnológicos e da operação remota das instalações de verificação de peso, um terceiro contando com a automatização das rotinas e uso massivo de tecnologias.

Para simulação dos cenários, serão estabelecidos alguns valores de referência para cálculo, sendo de aproximadamente quinze minutos o tempo médio para atendimento e lavratura do auto de infração no modo manual ou semiautomatizado, dois minutos e meio para validação de registros automatizados, um total de quarenta infrações por dia por posto, custo mensal com subsídio dos servidores de R\$9.000,00 (nove mil reais), custo mensal com salário de colaboradores de R\$2.500,00 (dois mil e quinhentos reais) e vinte e quatro pontos de fiscalização.

5.1. Execução manual das tarefas e processos

Nesse cenário as atividades são realizadas de forma essencialmente manualizadas e com baixa utilização de recursos tecnológicos, onde, para os 24 postos de pesagem indicados, necessitaria de uma equipe de oito servidores públicos e dezoito colaboradores para garantir uma atuação ininterrupta.

Para ocupar todos os postos necessários, projeta-se um total de cento e noventa e dois servidores e quatrocentos e trinta e dois colaboradores, onde, considerando os valores de referência estabelecidos, é possível concluir que existe uma ociosidade de aproximadamente 79,2% do efetivo, uma vez que seriam necessários somente quarenta servidores ao total para executar todas as tarefas, considerando o tempo médio gasto por atividade.

A figura 5.1 e as tabelas 5.1 e 5.2 detalham o quantitativo de pessoal necessário para operação de um posto, assim como os dados, gerais, ociosidade de pessoal e os custos de manutenção da operação.



Figura 5.1: Pessoal necessário para operação de um posto
Fonte: Elaboração própria (2023)

Tabela 5.1: Dados gerais e ociosidade operação manualizada
Fonte: Elaboração própria (2023)

Dados gerais									
Atividade manual presencial	Postos	Servidores necessários	Colaboradores necessários	Servidores em atividade simultânea	Total horas/dia /servidor	Autos por dia	Tempo médio (horas)	Tempo necessário	Ocupação
	24	192	432	48	1152	960	0,25	240	20,83%

Tabela 5.2: Custos com atividade manual
Fonte: Elaboração própria (2023)

Custos mensal com pessoal							
Atividade manual presencial	Servidores			Colaboradores			Custo total
	Total	Custo unitário	Valor Total	Total	Custo unitário	Valor Total	
	192	R\$ 9.000,00	R\$ 1.728.000,00	432	R\$ 2.500,00	R\$ 1.080.000,00	R\$ 2.808.000,00

Observa-se que são necessárias mais de seiscentas pessoas para pôr em atividade todas as vinte e quatro instalações utilizadas para a simulação, custando somente com a folha de

pagamento quase três milhões de reais mensalmente, totalizando o montante de mais de trinta e três milhões anuais. Além das despesas ordinárias de salários, ainda devem ser incluídos os custos com alimentação, férias, afastamentos, faltas e de suporte local, como manutenção de banheiros, parque tecnológico e suprimentos gerais para garantir um ambiente salubre de trabalho.

A exposição desnecessária aos riscos relacionados ao deslocamento em rodovias após longa jornada de trabalho e aos referentes à segurança pública é um fator crítico a ser considerado, pois o modelo impõe que o servidor esteja pessoalmente na instalação de checagem de peso. Com a excessiva intervenção humana no processo, aumentam os riscos inerentes às falhas e desvios de condutas, como erros operacionais e a corrupção dos envolvidos na atividade, pois, intensificando o contato com o cidadão fiscalizado, também aumenta a possibilidade de negociações ilegais.

Um aspecto a ser considerado é a existência de fatores externos que podem impossibilitar o deslocamento ou a permanência da equipe de trabalho no posto, ocasionando a interrupção da atividade e o conseqüente aumento de risco aos veículos que circulam na via, mantendo-se os custos inicialmente estipulados.

Esse modelo é o tradicionalmente utilizado desde o século passado, demonstrando sua baixa dependência aos recursos tecnológicos e meios de comunicação, sendo a maioria das rotinas realizadas por pessoas e de forma analógica, o que gera simultaneamente uma vantagem quanto à necessidade de infraestrutura instalada e uma imensa desvantagem se comparada a confiabilidade, rastreabilidade e eficiência que um sistema totalmente informatizado traria.

Considerando a necessidade de ampliação do controle de peso em rodovias, é possível enxergar grande dificuldade de adoção do modelo analógico em grande escala, visto a excessiva dependência de pessoal, o elevado gasto financeiro e a ausência de integração com os sistemas informatizados que possibilitam verificações básicas necessárias ao processo de checagem.

Esse cenário incipiente e precário é visto como o BAU – Business as Usual (atual), o qual possibilitará a comparação com os demais cenários de acordo com o nível de automação e tecnologia implantada no processo.

Apesar da escassez de recursos tecnológicos no cenário, ele foi amplamente adotado pelas instituições públicas pela sua simplicidade e baixa dependência de atores externos às instalações de fiscalização, proporcionando um custo inicial de implantação razoável e uma operacionalização precoce.

5.2. Implantação parcial de recursos tecnológicos e da operação remota

Com algumas diferenças em comparação ao primeiro cenário, em especial nos aspectos voltados à inclusão de rotinas automatizadas e a operação remota dos postos de pesagens, será possível avaliar o impacto financeiro e realizar um panorama de mudanças em relação ao primeiro modelo apresentado.

Conforme observado na revisão da literatura, a operação remota já possui regulamentação, sendo definida por ANTT (2017) como a modalidade de fiscalização por meio da utilização dos Sistemas Automatizados Integrados (SAI), que são um conjunto de sistemas e subsistemas que viabilizem a fiscalização e o controle do excesso de peso, além de permitirem a realização de operações de pesagem dos veículos de forma integrada e remota.

É importante destacar que, consta a obrigatoriedade para instalação de todos os recursos necessários para implementação de um sistema de autuação remota por parte da ANTT nos contratos de concessão lavrados após o ano de 2014. De forma semelhante, outras agências reguladoras e órgão executivos adotaram estratégias análogas, como é o caso da Agência de Transporte do Estado de São Paulo - ARTESP e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT.

Pelo que foi avaliado na literatura, resumidamente, a grande diferença entre esse e o primeiro cenário é a implantação de dispositivos capazes de prover o controle administrativo e visual, utilizando-se de conjunto de câmeras fixas para visualização

panorâmica do ambiente de pesagem e captura de imagem por meio de foto que será submetida à leitura automática da placa.

No caso da ANTT, a adoção parcial do cenário intermediário, ilustrado na figura 5.2 e 5.3, proporcionou colocar em atividade instalações sem servidores lotados, onde seria necessário o aporte mensal de aproximadamente R\$238 mil apenas com salários de servidores, o que não foi necessário.



Figura 5.2: Modelo de centro de monitoramento
Fonte: Elaboração própria (2023)

Somente no ano inicial, houve o aumento de perspectiva da arrecadação em autos de infração lavrados no valor de R\$18 milhões, conforme dados apresentados no 1ª Seminário Internacional das Agências Reguladoras de Transportes (Siart) (ANTT, 2019).

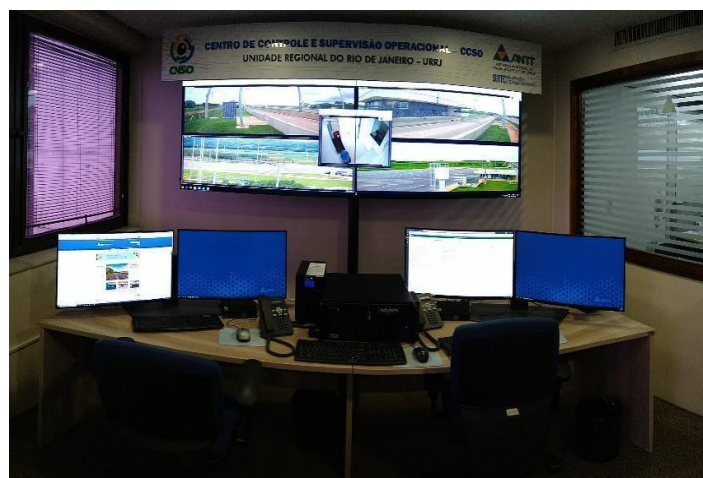


Figura 5.3: Estrutura tecnológica de operação remota
Fonte: Elaboração própria (2023)

Buscando avaliar as condições de infraestrutura dos PPVs, é importante documentar as soluções utilizadas pelas Concessionárias para os principais processos executados na operação do Posto e demonstrar quais elementos específicos devem ser abordados em seu processo de adaptação para a operação com agente remoto, para isso Marcos *et al.* (2019) apresentou diagnóstico técnico-operacional dos Postos de Pesagem Veicular, mostrando que 62% das instalações apresentaram menos de 50% dos requisitos atendidos para a implantação do modelo.

No estudo apresentado no XVII Rio de Transportes, Marcos e Alves (2020-I) indicaram que o modelo de pesagem remota apresenta grande potencial para melhoria dos indicadores econômicos quanto ao custo de operação e manutenção da atividade, visto que é possível otimizar a atividade com um maior número de postos em ação simultânea por servidor, também reduzindo deslocamentos e melhorando a segurança dos servidores e colaboradores.

Comparativamente ao cenário anterior, já é possível observar um grande ganho quanto ao custo com pessoal, isso sem abordar a ampliação da segurança viária e regularidade do transporte. A figura 5.4 e as tabelas 5.3 e 5.4 detalham o quantitativo de pessoal necessário para operação de um posto, assim como os dados, gerais, ociosidade de pessoal e os custos de manutenção da operação.

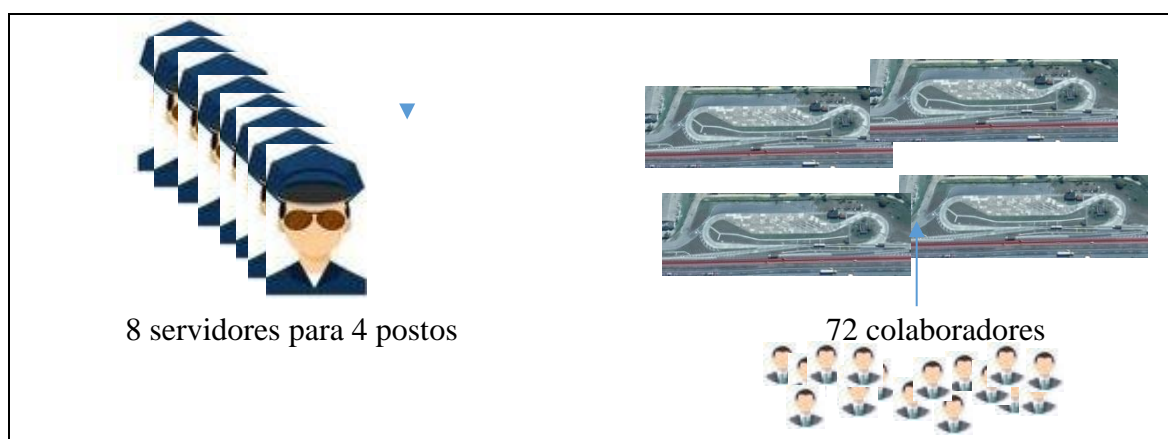


Figura 5.4: Relação de servidores e colaboradores – cenário intermediário
Fonte: Elaboração própria (2023)

Tabela 5.3: Dados gerais e ociosidade do cenário intermediários
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Dados gerais									
Atividade remota semiautomatizada	Postos	Servidores necessários	Colaboradores necessários	Servidores em atividade simultânea	Total horas/dia /servidor	Autos por dia	Tempo médio (horas)	Tempo necessário	Ocupação
	24	48	432	12	288	960	0,25	240	83,33%

Tabela 5.4: Custos do cenário intermediários
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Custos mensal com pessoal							
Atividade remota semiautomatizada	Servidores			Colaboradores			Custo total
	Total	Custo unitário	Valor Total	Total	Custo unitário	Valor Total	R\$ 1.512.000,00
	48	R\$ 9.000,00	R\$ 432.000,00	432	R\$ 2.500,00	R\$ 1.080.000,00	

Observa-se que com as adequações do cenário intermediário já é possível obter significativos ganhos de produtividade e na ociosidade dos servidores, chegando a ter 83,33% de ocupação, considerando os parâmetros estabelecidos.

Conforme dados extraídos das entrevistas realizadas, todas as respostas foram unânimes em indicar que é possível reduzir a intervenção humana no processo de pesagem com a automatização dos procedimentos, sendo evidenciado que, mesmo mantendo a organização operacional existente, é possível obter ganhos reais do nível de operacionalização e custo operacional.

Ainda observando as respostas apresentadas nas entrevistas, foi indicada a existências de tecnologias de leitura de placas e de equipamentos de pesagem que são superiores às utilizadas, podendo haver o aprimoramento da atividade, ainda com a infraestrutura física tradicionalmente implantada.

Nesse contexto, percebe-se grande evolução dos normativos técnicos que regulamentam o tema, quando a ANTT (2017), detalhou com clareza as diretrizes técnicas e parâmetros de desempenho para os equipamentos, sistemas e instalações operacionais do modelo de fiscalização por meio de agente remoto.

Apesar da melhoria significativa em relação um cenário incipiente, não foram observadas mudanças estruturais do método de checagem ou adequação física da infraestrutura das instalações, ainda havendo a necessidade de grande volume de colaboradores para manter

o posto operante. O cenário intermediário agrega tecnologia ao processo inicial, já enxergando o conjunto de instalações como um sistema de pesagem, não mais como pontos independentes e isolados.

5.3. Automatização das rotinas e uso massivo de tecnologias

O cenário com automatização das rotinas e uso massivo de tecnologias é uma evolução do cenário intermediário, onde a ação do Estado já era feita de forma remota com uso de tecnologias de comunicação. Nesse caso há a completa automação das rotinas e a massificação da adoção de dispositivos tecnológicos capazes de transformar todas as rotinas, que anteriormente envolviam alguma ação humana, em processos digitais.

A atuação deve ocorrer na própria pista de rodagem, não havendo necessidade de adoção de manobras por parte dos motoristas, integrando os equipamentos de medição no leito rodoviário, conforme observado na figura 5.5.



Figura 5.5: Sistema Piezoelétrico
Fonte: Elaboração própria (2023)

A infraestrutura do pórtico e dos leitores é instalada de forma a não interferir no tráfego da via, independentemente do tipo ou modelo de veículo, o que universaliza a checagem e impede que existam fugas no processo de fiscalização.

Conforme observado, nesse cenário não existe uma instalação ou infraestrutura segregada da via, também não há a intervenção humana localmente para o funcionamento rotineiro do sistema, o que acontece totalmente de forma automatizada e integrada com outros bancos de dados. No referencial bibliográfico é possível observar que existem vários tipos de equipamento para aferir o esforço transmitido ao pavimento pelas rodas dos veículos, destacando-se: tapetes capacitivos, células de carga, placas de dobra e sistemas piezoelétricos.

Um dos principais diferenciais observados é que todos os veículos que circulam na via obrigatoriamente passam pelos sensores, o que conseqüentemente torna impossível a circulação sem a aferição do peso ou algum tipo de conduta indesejada do condutor com o objetivo de fugir da obrigação estabelecida, sendo o local sinalizado conforme figura 5.6.



Figura 5.6: Pórtico de fiscalização em alta velocidade
Fonte: Elaboração própria (2023)

Para medições em baixa velocidade, as células de carga são adotadas com maior frequência, Gaspareto (2017) explica que esse tipo de equipamento possui boa

durabilidade e ótima acuracidade, sendo instalados conjuntamente com laços indutivos com o objetivo de realizar uma medição mais assertiva. No caso de medições em alta velocidade, o sistema piezoelétrico é utilizado na maioria dos casos avaliados, pois, conforme Brito *et al.* (2014) destacou, ele aceita dobras, podendo ser utilizado em pavimentos com pequenas deformações ou flexíveis, mantendo a confiabilidade e um melhor custo-benefício em relação às demais tecnologias.

Operacionalmente, o cenário se assemelha aos dispositivos de controle de velocidade, bastando que haja o monitoramento do correto funcionamento dos equipamentos, visto que o registro ocorre automaticamente.

Com a implantação desse cenário, seria possível reduzir significativamente a quantidade de pessoal necessário à atividade, onde bastariam oito servidores para validar os registros de todos os 24 postos, visto que o processo aconteceria em lotes de 24 registros e demoraria não mais de uma hora para checagem e assinatura do lote. Além dos dois servidores, seria necessário o monitoramento do funcionamento dos equipamentos, o que pode ser feito por colaboradores em regime de escala, totalizando 24 postos de trabalho para esse fim.

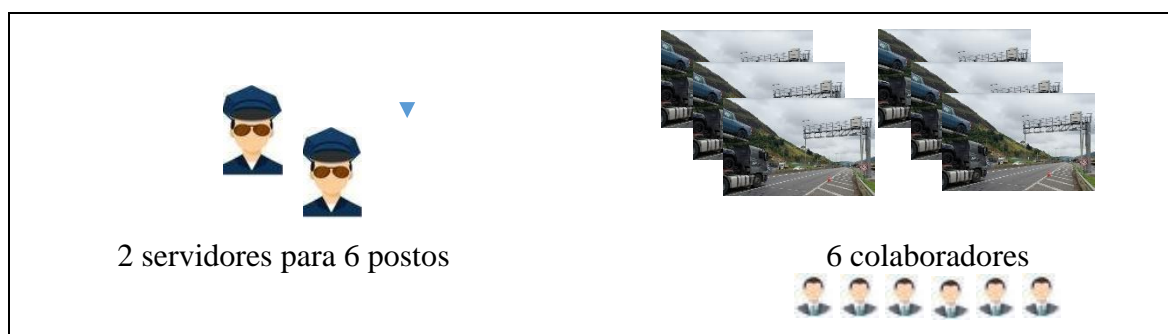


Figura 5.7: Relação de servidores e colaboradores cenário automatizado
Fonte: Elaboração própria (2023)

Tabela 5.5: Dados gerais e ociosidade do cenário automatizado
Fonte: Elaboração própria (2023)

Dados gerais									
Atividade automatizada	Postos	Servidores necessários	Colaboradores necessários	Servidores em atividade simultânea	Total horas/dia /servidor	Autos por dia	Tempo médio (horas)	Tempo necessário	Ocupação
	24	8	24	2	48	960	0,04	40,00	83,33%

Tabela 5.6: Custos do cenário automatizado

Fonte: Elaboração própria (2023)

Custos mensal com pessoal							
Atividade automatizada	Servidores			Colaboradores			Custo total
	Total	Custo unitário	Valor Total	Total	Custo unitário	Valor Total	
		8	R\$ 9.000,00	R\$ 72.000,00	24	R\$ 2.500,00	R\$ 60.000,00

Comparativamente ao primeiro cenário apresentado, observa-se uma drástica redução do custo total necessário à manutenção da atividade, passando de mais de dois milhões e meio de reais para menos de trinta e cinco mil reais mensais, representando somente 4,7% se comparados os dois valores.

Destaca-se também a continuidade e universalidade das verificações do peso quando se torna impossível não passar pelos sensores localizados no leito rodoviário, não cabendo ao condutor a decisão de passar ou não pela verificação, da forma que rotineiramente acontece com os dois cenários anteriores.

Recapitulando os pontos fracos citados no questionário semiestruturado para o primeiro cenário apresentado, observa-se o cenário automatizado e com uso massivo de tecnologias supriria todos os quesitos, conforme exposto no quadro 5.1.

Quadro 5.1: Pontos fracos e soluções

Fonte: Elaboração própria (2023)

Ponto Fraco indicado	Solução atendida
Excesso de interrupções na operação de pesagem com descontinuidades do processo de pesagem	Funcionamento ininterrupto automatizado
Postos em regiões sem cobertura de rede de dados	Implantações planejadas em locais com infraestrutura de rede
Custos de construção dos postos e operação elevados	Equipamentos no leito da via sem necessidade de postos
Processo manual que necessita de equipe volumosa para manter operante, tendo baixa automatização	Ação automatizada sem intervenção humana
Algumas instalações não dispõem de todos os equipamentos necessários para fiscalização da fuga	Instalação simplificada em um pórtico com todos os equipamentos necessários à aferição do peso.
Ausência de servidores da ANTT para operar todos os postos 24 horas por dia presencialmente	Redução de aproximadamente 98% do quantitativo dos servidores necessários, comparando ao cenário manual.

Gestores locais da ANTT sem compromisso com a atividade	Atuação centralizada na sede da instituição na equipe de gestão.
Desinteresse dos servidores de serem lotados em PPVs	Atividade realizada em sistema de trabalho remoto, podendo ser em home-office.

O cenário apresenta diversas vantagens em relação aos demais, contudo, é fundamental destacar o fato de ser uma metodologia inovadora que carece de adequações na legislação e procedimentos para ser amplamente utilizada, o que será mais bem abordado na fase de análise e discussões.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Como exposto anteriormente, neste capítulo é realizada a análise do texto até aqui apresentado, verificando-se os aspectos técnicos e metodológicos adotados na pesquisa e sua aplicabilidade e efetividade nos termos dos objetivos traçados.

Foi observada a existência de alguns pontos críticos do atual modelo de fiscalização de peso, como o custo elevado com pessoal para manter a atividade, o custo para construção de um PPV e a excessiva dependência de pessoas para operação. O modelo também é um entrave para coibir as fugas por parte dos caminhoneiros, pois a simples infração de fuga acaba tendo um valor monetário muito menor do que a multa pelo excesso praticado, sendo uma escolha do condutor a entrada ou não na instalação de checagem de peso.

No mesmo contexto, torna-se fundamental analisar as reais causas da prática do excesso de peso, visto que no atual modelo demonstra uma aparente ineficácia da atuação do Estado, facultando a entrada na instalação de pesagem, tendo como único risco o recebimento de uma multa de menos de duzentos reais, o que facilmente é diluído no custo do transporte.

É preciso ter uma visão mais crítica e estabelecer algumas premissas para analisar e discutir sobre o modelo de verificação de peso existente, como o fato de que a abordagem atual, apenas com procedimento de fiscalização de trânsito, não é suficiente para desincentivar a prática de transporte com excesso de peso. Uma abordagem sistêmica trazendo aspectos econômicos, sociais, ambientais e de infraestrutura é fundamental para desenvolvimento de uma nova política pública.

É necessário obter um diagnóstico do comportamento do setor, que insiste em transgredir as regras de trânsito, expondo a real motivação para a prática do excesso de peso. Nesse contexto, observa-se que a predominância de uma motivação econômica por parte dos infratores, sendo necessário que o Estado coíba as causas raízes para inibir a conduta indesejada.

Como resultado de um modelo ineficaz, fica latente pelas respostas dos entrevistados e pelo elevado índice de fugas, demonstrando que os veículos com grande excesso de peso

circulam livremente pelas rodovias, bastando que para isso pague uma multa por não adentrar à instalação de pesagem. Os veículos com elevado potencial de provocar acidentes e degradar a infraestrutura não são impactados no momento que existe a possibilidade de não se submeter ao processo fiscalizatório, podendo esse ponto ser destacado como um dos mais críticos do modelo adotado historicamente.

Como resultado, chega-se ao cenário onde se gasta um grande volume de dinheiro público e uma ampla infraestrutura para não alcançar os objetivos primários de controle, que é coibir e proibir que o cidadão transgrida as leis de trânsito, garantindo, dentre outros, a segurança às pessoas, a manutenção da infraestrutura e o equilíbrio econômico do setor. Nesse diapasão, expõe-se uma discussão dos aspectos básicos que norteiam a atuação do Estado, parecendo ser claro que o cenário atual, com grande disponibilidade de recursos tecnológicos e de comunicação, propicia as condições necessárias para aprimoramento de uma atividade que foi modelada a mais de cinquenta anos atrás.

Ainda, demonstrando que não se trata de uma questão pontual, Ghisolfi (2018) foi muito feliz em traçar cenários que tentam mensurar economicamente o impacto do excesso de peso, também considerando a importância do custo social, concluindo em um dos cenários que a imposição legal sobre os limites de peso no carregamento dos veículos de carga aumenta o custo econômico de transporte, pois a economia de escala obtida com o excesso de peso possui impacto muito relevante no custo total do transporte, visto que o custo fixo e a mão de obra seriam rateados pelo volume total carregado.

É possível realizar análises semelhantes à apresentada por Ghisolfi (2018) incluindo outros fatores, que, dependendo do ponto de vista, passam a ser o problema chave na questão, como por exemplo:

- Segurança da via - Apesar de parecer ser economicamente interessante, a prática do excesso de peso pode trazer riscos à segurança da via, em especial se os limites impostos pelo fabricante forem desrespeitados, sobrecarregando a suspensão, freios e todo o conjunto mecânico, um caso emblemático que merece citação é o sinistro ocorrido no dia 22/06/2017, no Km 343 da rodovia BR-101/ES, onde um veículo com muito excesso de peso colidiu com um ônibus, ocasionando a morte de diversas pessoas.

- Causa de sinistros - Conforme citado no item anterior, dependendo do volume de carga transportada, o veículo está mais suscetível a se envolver em sinistros, sendo muitas as externalidades negativas decorrentes do sinistro, visto os impactos sociais e ambientais causados. Os sinistros acabam impactando em toda a cadeia, aumentando o custo de transporte e tendo relação direta com os fatores econômicos.
- Fatores Econômicos - Muito se discute sobre o “Custo Brasil” e o impacto que a deficiência de infraestrutura de escoamento tem na competitividade dos produtos produzidos. Essa questão tem relação direta com o valor da tonelada transportada entre os pontos produtores e as regiões de escoamento para o exterior ou de consumo interno, uma vez que em grande parte a exportação brasileira se sustenta em produtos primários. O aumento da capacidade de carga dos veículos tem impacto direto no valor final do produto ao consumidor, sendo uma importante discussão se levado em conta a questão estrutural do país.
- Tributário - A questão tributária é muito sensível e tem relação direta com o transporte realizado com excesso de peso. Os embarcadores e transportadores acabam declarando um peso menor do que o real que está sendo transportado, pagando menos impostos do que deviam. Isso só acontece pelo fato de o controle de peso ser ineficaz, pois facilmente é possível cruzar banco de dados e verificar se um veículo específico está com o peso condizente com a carga declarada.
- Securitário - É possível discorrer sobre questões privadas e públicas, conforme visto anteriormente, os sinistros decorrentes do ineficaz controle de peso impactam diretamente no seguro das cargas, dos veículos e dos condutores, sendo um ponto de risco às seguradoras. Por outro lado, do ponto de vista de seguridade pública, um condutor com invalidez permanente ou morto em decorrência de sinistros traz um impacto permanente para toda sociedade por meio do sistema previdenciário, pois

além de diminuir a mão de obra disponível para execução do transporte, o mesmo ou sua família receberá suporte financeiro público.

- Concorrência desleal - A economia de escala trazida pelo aumento do volume de carga em um mesmo veículo possui impacto direto no valor do frete cobrado, pois os custos fixos decorrentes da movimentação serão diluídos para uma quantidade maior de produtos. A prática do excesso de peso, aliada com outras irregularidades, como a fuga de pedágios, evasão fiscal e sonegação trabalhista, proporcionam ao transportador irregular uma vantagem econômica sobre as empresas que respeitam todas as normas, ocasionando uma concorrência desleal e desequilíbrio. Por fim, uma empresa virtuosa acaba sendo onerada e prejudicada comercialmente pelo simples fato de respeitar as regras.

Toda essa discussão demonstra a necessidade de um planejamento adequado para identificar as causas raízes do problema e o risco de ele ocorrer. Em sua dissertação, Lima (2019) fez uma abordagem relevante quanto ao processo de identificação de riscos, onde, apesar de ser voltado para empresas privadas, é perfeitamente aplicável na discussão em tela.

O processo de identificação e avaliação de risco foi exposto por Golden *et al.* (2006), onde resumiu-se em sete etapas o processo, iniciando-se pela obtenção dos dados e terminando com o desenvolvimento das respostas, permeando as etapas necessárias para categorizar, avaliar, identificar controles, medir a efetividade dos controles e mapear a exposição, conforme exposto na figura 6.1.

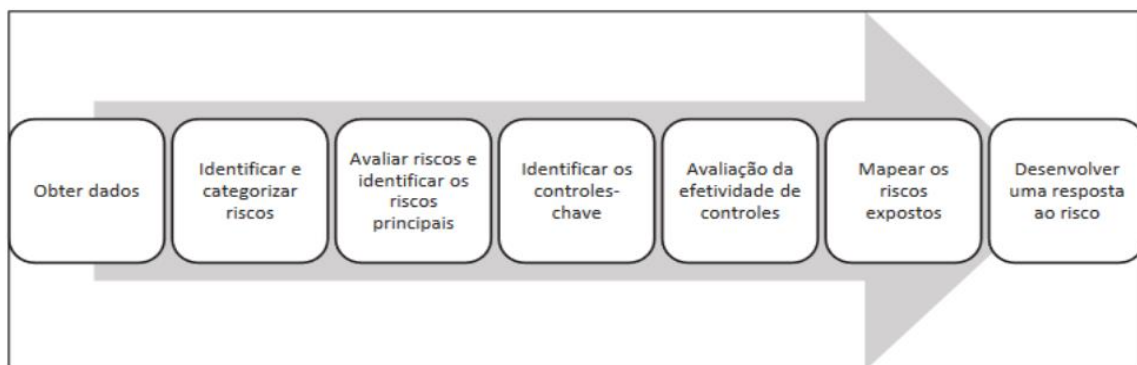


Figura 6.1: Processo de identificação e avaliação de riscos
Fonte: Adaptado de Golden *et al.* (2006)

Todo processo de identificação e avaliação dos riscos torna-se necessário para entender o problema a ser tratado e suas causas, aplicando-se também quando se trata da fiscalização de peso em veículos. Ruankaew (2016), ao abordar sobre o diamante das fraudes, explicita que existem quatro fatores principais para a prática da irregularidade, conforme ilustra a figura 6.2.



Figura 6.2: Diamante das fraudes
Fonte: Adaptado de Ruankaew (2016)

- Capacidade - Trata de uma questão básica, onde o fraudador deve possuir o conjunto das habilidades e a capacidade de realmente cometer a fraude, caso não possua, sequer consegue cometer a fraude.
- Incentivo/Pressão - O fraudador se encontra em um ambiente com algum tipo de incentivo ou pressão para cometer fraude. A pressão percebida é definida como a motivação que leva o perpetrador a se envolver em comportamentos antiéticos.
- Oportunidade - Sugere-se que, se um indivíduo suscetível perceber oportunidades devido à falta ou ineficiência de controles e tiver a capacidade ou o poder de explorar essas oportunidades, esse indivíduo pode perpetrar uma fraude.
- Racionalização - Uma atitude ou racionalização moralmente aceitável precisa ocorrer antes que o comportamento fraudulento surja. É importante reconhecer que os criminosos às vezes não consideram suas ações antiéticas, eles apenas justificam suas ações como éticas antes que a fraude

ocorra (Dorminey *et al.*, 2010). Em outras palavras, a racionalização permite que o fraudador veja suas ações ilegais como aceitáveis.

Apesar de não ser citada por Ruankaew (2016), a disposição ao risco é outro fator levado em consideração, é exatamente onde o agente fraudador se vê em uma situação de baixa possibilidade de ser reconhecido, a aposta no retorno é recompensante, não tendo medo das consequências e com segurança na impunidade.

Considerando os quatro pontos trazidos por Ruankaew (2016), é possível observar a existência de todos no processo de transporte de cargas com excesso de peso, externalizando o motivo que, apesar de todo o investimento público na tentativa de inibir a fraude, ainda é uma rotina e cultura do setor de transporte a prática irregular de transporte com excesso de peso e desrespeito às normas vigentes.

De forma a validar os conceitos trazidos e demonstrar que na prática não há o cumprimento da legislação e a fraude é praticada livremente, foi solicitada à Superintendência de Fiscalização da ANTT o envio de relatório consolidado do ano de 2022 dos postos de pesagem por ela administrados, sendo prontamente fornecidos, onde os dados estão expostos na figura 6.3.



Figura 6.3: Estatística dos postos de pesagem
 Fonte: Superintendência de Fiscalização da ANTT

Avaliando o quantitativo total de veículos que passaram pelos postos e os que efetivamente são pesados no equipamento com verificação metrológica, percebe-se que 17,21% deveriam adentrar para essa checagem minuciosa, sendo que mais de um milhão simplesmente evadem, correspondendo ao percentual aproximado de 27% de evasão considerando todas as instalações.

Verificando instalações onde existe um percentual maior de evasão, observa-se um cenário alarmante em cidades como Garuva no Estado de Santa Catarina, onde, conforme detalhado na figura 6.4, de 2.149.251 veículos, 307.598 deveria se submeter à pesagem no equipamento habilitado para lavar o auto de infração, contudo, somente 122.883 cumpriram a determinação, o que resulta em um percentual de fuga superior a 60%.

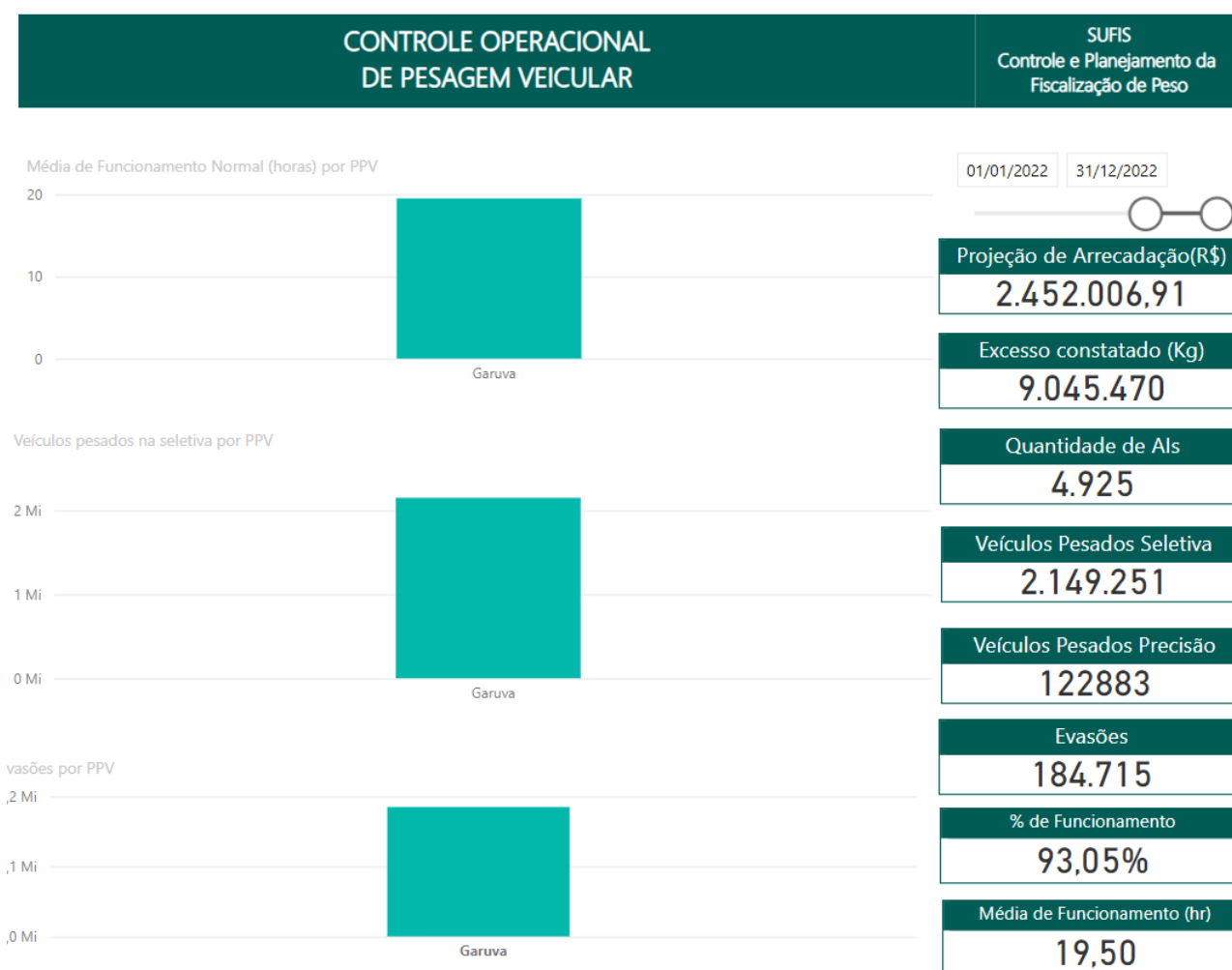


Figura 6.4: Estatística dos postos de pesagem de Garuva-SC
 Fonte: Superintendência de Fiscalização da ANTT

Com tamanho desrespeito e impunidade observados, parece haver um salvo conduto para a prática de irregularidades sem uma punição correspondente. Por outro lado, 82,79% dos veículos estavam vazios ou com o peso fora da margem estabelecida para realizar a verificação minuciosa, contudo, são obrigados a diminuir muito sua velocidade de trânsito ou pararem devido ao engarrafamento formado na entrada das balanças, trazendo um ônus desnecessário àqueles que estão realizando a atividade em conformidade com o regulamento.

A carência de uma análise sistêmica induz ao administrador supor que o modelo criado na década de 1970 possui efetividade em coibir a prática do excesso de peso. Observando a literatura, nota-se que as discussões giram em torno de equipamentos e meios adotados para aferição do peso, mas carece de uma abordagem sistêmica que busca identificar e atacar as verdadeiras motivações pelas quais alguns transportadores insistem em desrespeitar a lei.

Parece claro que o excesso de peso não é uma questão pontual do carregamento ou do transporte, mas sim uma externalidade de outros diversos fatores que contribuem para a perpetuação da prática, sem que haja uma pena proporcional ao dano causado para todo o sistema.

Utilizando-se de ferramentas para identificação das causas raízes do problema, como 5W2H, Diagrama de Ishikawa ou Árvore de causas raízes, observa-se que a direção que o Estado atua não inibe as verdadeiras causas do problema. Nos quadros 6.1 e 6.2 foi utilizada a ferramenta 5W2H para avaliação da questão.

Quadro 6.1: Uso da ferramenta 5W2H para avaliação - setor
 Fonte: Elaboração própria (2023)

Do ponto de vista do setor de transporte						
WHAT (o que)	WHY (por que)	WHERE (onde)	WHO (quem)	WHEN (quando)	HOW (como)	HOW MUCH (custo)
Praticar excesso de peso	Melhorar a relação de volume transportado, aumentando o ganho financeiro.	Rodovias	Transportadores e Embarcadores	Durante os deslocamentos	Inserindo uma quantidade maior de mercadorias do que a capacidade do veículo	Consumo adicional de combustível e multa por evadir da fiscalização

Quadro 6.2: Uso da ferramenta 5W2H para avaliação - Estado

Fonte: Elaboração própria (2023)

Do ponto de vista do Estado						
WHAT (o que)	WHY (por que)	WHERE (onde)	WHO (quem)	WHEN (quando)	HOW (como)	HOW MUCH (custo)
Combater o excesso de peso em veículos circulando nas rodovias	Atender ao CTB, não deixando que uma infração de trânsito ocorra	Em instalações segregadas da rodovia contendo balanças fixas	Órgão e entidades governamentais	Contínuo	Por meio de balanças em instalações que não garantem verificação universal dos veículos.	Com elevados custos de implantação da infraestrutura e equipamentos e de operação.

Na prática, parece ser viável economicamente a prática do excesso de peso, sendo uma conduta de baixo risco. Existindo a opção de não adentrar às áreas destinadas à pesagem, o custo financeiro seria somente do combustível adicional e da multa recebida, isso se existir equipamento hábil para detecção da evasão no local, o que não é uma regra.

Com o avanço tecnológico e informatização de documentos, é possível imaginar alternativas que sejam mais eficazes do que a planejada na década de 1970, incentivando os transportadores regulares e coibindo veementemente aqueles que ainda assim insistem em desrespeitar as normas. Há de se planejar o sistema de controle de peso em uma forma sistêmica, não como algo pontual e como uma mera infração de trânsito, pois a motivação para a prática da irregularidade nada tem relação com o momento da pesagem, mas sim por se tratar de um procedimento economicamente rentável para toda cadeia envolvida, não sendo um fator de inibição a pena em caso de descumprimento.

As ações do Estado precisam ser modernizadas, planejando-se e conhecendo o que se pretende inibir, traçando propósitos claros, abordando questões de prevenção, predição, repressão, regulação responsiva e não deixando de se vislumbrar situações em que a autorregulação possa ser adotada, incentivando a conduta regular.

Um importante aspecto que deve ser definido em uma mudança de cenário é exatamente o estabelecimento de quais excessos realmente importam, ou seja, aqueles que trazem dano ao pavimento, à segurança da via e ao equilíbrio do mercado. Essa definição possibilita trazer alternativas que até então não eram levadas em consideração, como a flexibilização da exatidão requerida dos equipamentos. Considerando que INMETRO (2022-1) estabelece diversas classes de exatidão, conforme observado nas figuras 6.1 e 6.2, uma abordagem bem relevante seria a utilização de equipamentos para medição do peso em rodovias que fossem aprovados em requisitos menos exigentes.

Tabela 6.1: Erro máximo admissível em massa total
 Fonte: INMETRO (2022-1)

Porcentagem do valor verdadeiro convencional da massa do veículo (7.6)		
Classes de exatidão	Aprovação de Modelo, verificação inicial e verificação subsequente (\pm)	Supervisão metrológica (\pm)
1	2,50%	5,00%
2	3,50%	7,00%
3	5,00%	10,00%

Tabela 6.2: Erro máximo admissível em eixos
 Fonte: INMETRO (2022-1)

Porcentagem da média corrigida da carga por eixo e conjunto de eixos (7.10)		
Classes de exatidão	Aprovação de Modelo, verificação inicial e verificação subsequente (\pm)	Supervisão metrológica (\pm)
A	4,00%	8,00%
B	6,00%	12,00%
C	8,00%	16,00%

Observa-se que, apesar de ser grande a variação percentual entre as classes, os valores absolutos ainda são pequenos, estando todos bem próximos aos limites de tolerância estabelecidos pelo regulamento de trânsito, o que demonstra a possibilidade de adoção. Uma possível ampliação da classe de exatidão viria oportunizar o barateamento do sistema de pesagem em alta velocidade na via, não trazendo grandes alterações na margem de tolerância hoje admitida.

Pelo material apresentado, é fático que existe a possibilidade de aprimoramento da metodologia utilizada para aferição de peso em rodovias, passando-se a discutir quais seriam os principais pontos que necessitam de adequação, dentre eles:

- Legal - Adequação do CTB no que trata da fiscalização de peso, com especial destaque aos artigos 99, 100, 231 e 257, revendo também os valores das multas aplicadas em caso de descumprimento.
- Trânsito - Alteração dos normativos de trânsito para possibilitar a ampliação da tolerância de exatidão dos equipamentos, revisão das resoluções do CONTRAN que tratam do tema e inclusão da possibilidade de verificação de peso de forma automatizada.

- Processo - Instituições públicas e concessionárias de serviço teriam um novo papel no processo fiscalizatório, devendo ser adequado ao modelo a ser implementado.
- Procedimento - Os procedimentos hoje adotados são baseados na intervenção humana e na verificação visual de itens, o que precisa ser adequado para absorver as tecnologias disponíveis que sustentarão a automatização de todos os procedimentos.
- Operacional - O modelo operacional deve ser ajustado juntamente com os processos e procedimentos, baseando-se no cruzamento de banco de dados e inteligência regulatória, não no comando e controle existente.
- Instalações - As instalações de verificação de peso serão semelhantes aos pórticos de controle de velocidade e pagamento automatizado de pedágio, não havendo a necessidade de qualquer ação do condutor para submeter o veículo à verificação obrigatória.
- Programas - Os programas de controle de peso poderão ser revistos, pois o modelo automatizado demandaria uma quantidade menor de recursos financeiros e de pessoal, abrindo oportunidade para ampliação do controle com difusão dos pontos de checagem.

Por todo exposto, percebe-se que o sistema de controle de peso em rodovias possui grande potencial para melhorias, necessitando o esforço em conjunto de todos envolvidos para promover a conformidade do setor, assim como a segurança da via e usuários que por ela circulam.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nesta dissertação, foi proposta a avaliação o desempenho do sistema de controle de peso veicular, tendo como objetivos avaliar o desempenho do sistema de controle de peso veicular em rodovias brasileiras e propor alternativas, melhorias e aprimoramento. Como objetivos gerais, destacam-se: promover a coleta de informações reais com atores diretamente ligados à atividade de controle de peso por meio de entrevista; criar cenários a fim de avaliar questões operacionais e financeiras de diferentes metodologias de controle de peso; indicar fragilidades do atual sistema de controle de peso; identificar pontos da legislação que carecem de adequação para aprimorar o modelo de pesagem atual; indicar melhorias possíveis e o impacto financeiro da implantação dessas; e, propor melhorias e novos estudos referente ao tema.

Os resultados obtidos foram condizentes com as expectativas e propósitos traçados, trazendo ao leitor vasto referencial bibliográfico e detalhamento do tema. Na etapa de revisão da literatura, observou-se a necessidade de seis tópicos distintos a fim de detalhar com mais clareza os aspectos relevantes à pesquisa, sendo eles: Caracterização do sistema de pesagem no Brasil - normas e regulamentos; O excesso de peso e o desgaste do pavimento; Os aspectos econômicos e sociais; Sistema em alta velocidade (“*High Speed Weigh-in-Motion*” (*Hs-Wim*)); O uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (*Intelligent Transport System* – ITS) no monitoramento, telemetria e controle de veículos; Documentos eletrônicos utilizado no transporte rodoviário de cargas e, por fim, a análise e síntese.

Na literatura consultada existem diversas publicações acadêmicas, legislações diversas e materiais de capacitação adotados pelos órgãos que atuam no tema, oportunizando consolidar em um único material temas diversos que acabam se relacionando quando vistos de uma forma sistêmica e integradora. O processo de revisão foi conduzido de forma a agregar ao material diversificado rol de temas e autores, enriquecendo a análise e propiciando o conhecimento aprofundado da abordagem, sendo fundamental para todo o processo de pesquisa apresentado.

Para obtenção de alguns dados fundamentais à análise crítica, foi feito o uso de questionário semiestruturado com roteiro semiaberto, sendo direcionado para gestores públicos e operadores rodoviários. O questionário foi direcionado a entender o ponto de vista pessoal dos entrevistados, garantindo o anonimato para que as respostas não tivessem vícios decorrentes da delicadeza presente e da possível exposição profissional, trazendo maior veracidade dos dados e imparcialidade das respostas.

A partir dos dados coletados e das análises nos níveis macro, foi possível construir três cenários distintos, sendo um primeiro com execução manual das tarefas e processos, um segundo com implantação parcial de recursos tecnológicos e da operação remota e um terceiro com automatização das rotinas e uso massivo de tecnologias, comparando quesitos como efetividade, custos operacionais e pontos fortes. A comparação entre os pontos fracos indicados e a solução que atenderia esses pontos possibilitou realizar uma análise crítica mais detalhada do terceiro cenário, parecendo ser o que mais agregaria valor ao sistema.

Comparando as regras de negócio e os modelos, percebe-se que, mesmo aparentemente sendo um cenário mais promissor, a automatização das rotinas e uso massivo de tecnologias demandará algumas adequações legais e procedimentais que inexistem, carecendo de um esforço conjunto de todos os atores, assim como aperfeiçoamento dos estudos, sendo uma proposta de encaminhamento da presente dissertação.

Assim, com o material trazido e as análises realizadas, foi possível demonstrar que existe muito interesse acadêmico e governamental no tema, sendo o momento propício para o aprimoramento do modelo consolidado a mais de 50 anos, havendo disponibilidade de equipamentos, tecnologias e rede de comunicação, cenário esse que inexistia no passado.

Com relação aos pontos e quesitos apresentados na introdução, foi possível avaliar, conhecer, estudar alternativas para aperfeiçoar o modelo de aferição de peso em rodovias, podendo o material servir de subsídio para estimular uma discussão que possibilite a implantação de uma nova diretriz pública. Destaca-se o impacto da dissertação em termos de subsidiar políticas públicas, estimulando não só a revisão de um modelo, mas também

contribuindo para a continuidade das tratativas a fim de viabilizar que a atividade possa ser aprimorada.

Enfatizados os pontos observados no estudo e o impacto positivo que o aperfeiçoamento do modelo de aferição de peso em rodovias brasileiras pode trazer, destacando a contribuição para subsidiar políticas públicas e estudos futuros, há de se enfatizar que é necessário expandir as análises para uma abordagem mais ampla, buscando direcionar a pesquisa aos aspectos com maior impacto positivo para a sociedade. Nesse contexto, a ampliação dos estudos e a revisão detalhada do arcabouço legal integram as recomendações para continuidade do trabalho apresentado, sendo elas:

- Realizar estudo legal aprofundado com proposições de adequações para viabilizar o aperfeiçoamento do marco regulatório;
- Estabelecer uma política de incentivo ao transporte em condições regulares, garantindo ao bom transportador maior fluidez e economicidade no deslocamento;
- Revisar as penalidades aplicadas em caso de descumprimento das obrigações e requisitos de transporte, desestimulando a irregularidade e valorizando o bom transportador;
- Estabelecer política nacional de estímulo ao desenvolvimento de tecnologias e equipamentos para controle da movimentação de veículos comerciais em rodovias, sempre de forma integrada e sistêmica;
- Integrar os atores envolvidos na operação rodoviária, de policiamento e de controle fiscal de mercadorias, de forma a tratar assuntos estratégicos de forma unificada e integrada; e,
- Continuidade dos estudos elaborados na presente dissertação, aprofundando as abordagens e fornecendo subsídios adicionais para uma melhoria do cenário observado, de forma a apoiar na tomada de decisão quanto ao desenvolvimento de uma política pública ao setor.

Um modelo mais eficaz e eficiente de controle de peso em rodovias teria impacto positivo direto nas instituições públicas que operacionalizam o sistema, com especial destaque para a ANTT, DNIT, PRF e DERs dos Estados, melhorando a aplicação de recursos

públicos e alocação de pessoal. Outro ponto relevante a ser destacado é a garantia da regularidade fiscal das mercadorias transportadas, pois, como visto nos documentos eletrônicos utilizados no transporte rodoviário de cargas, é possível verificar de forma eletrônica, unificada e centralizada todas as informações do condutor, do veículo, da carga e do transporte.

Por fim, conclui-se que a atividade de controle de peso em rodovias não pode ser enxergada como uma simples infração de trânsito, fazendo parte de um sistema integrado que agrega questões sociais, ambientais, fiscais, econômicas, tecnológicas e de engenharia, com grande relevância na segurança viária. Havendo um grande potencial de melhoria da eficácia e eficiência do modelo de controle de peso atualmente empregado nas rodovias brasileiras, percebe-se fundamental a continuidade da pesquisa e aperfeiçoamento do estudo científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBANO, J. F. (2004). Excessos de carga e pesagem de veículos rodoviários de carga. Anais da III Semana de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre: UFRGS
- ALBANO, J. F. (2005). Efeitos dos excessos de carga sobre a durabilidade de pavimentos. Tese de Doutorado Em Engenharia Civil - Programa de Pós-Graduação Em Engenharia de Produção Da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 232. <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4498/000457228.pdf?sequence=1> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- ANTT (2017). Resolução ANTT nº 5.379, de 05 de julho de 2017, Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, Brasília - DF. Disponível em https://anttlegis.antt.gov.br/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&num_ato=00005379&sgl_tipo=RES&sgl_orgao=DG/ANTT/MTPA&vlr_ano=2017&seq_ato=000&cod_modulo=161&cod_menu=5408 - Acesso em 26 de ago. 2023.
- ANTT (2019). Seminário das AR debate cenário de transportes. Disponível em https://portal.antt.gov.br/resultado/-/asset_publisher/m2By5inRuGGs/content/id/125382 - Acesso em 26 de ago. 2023.
- ANTT (2020). Resolução nº 5.867, de 14 de janeiro de 2020, Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, Brasília - DF. Disponível em https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=detalharAto&tipo=RES&numeroAto=00005867&seqAto=000&valorAno=2020&orgao=DG/ANTT/MI&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_menu=7114&cod_modulo=421&pesquisa=true - Acesso em 26 de ago. 2023.
- ANTT (2023). Concessões Rodoviárias, Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, Brasília - DF. Disponível em <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/concessionarias> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- ANGELI N., H., MARTINEZ, A. L. (2016). Nota Fiscal de Serviços Eletrônica: uma análise dos impactos na arrecadação em municípios brasileiros. Revista de Contabilidade e Organizações, 10(26), 49. <https://doi.org/10.11606/rco.v10i26.107117>

- AASHTO (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C
- BARBOSA, R. E. (2017). Metodologia para o estabelecimento de diretrizes para a implantação do Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos - SINIAV. Tese de Doutorado Em Transportes, Publicação T.TD-006/2017, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 279p. <http://repositorio.unb.br/handle/10482/31037>
- BOCK, A. L., BRITO, L. A. T. (2018). Fiscalização de cargas rodoviárias: estudo comparativo entre posto de pesagem veicular móvel e um sistema WIM implantado na rodovia BR290/RS – Freeway. Anais Do 32º Congresso Da ANPET - Gramado - RS, 3550–3561. http://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Trafego%20Urbano%20e%20Rodoviaro/Trafego%20em%20Rodovias%20I/5_431_AC.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023.
- BOSSO, M. (2018). Uso da tecnologia Weigh-in-Motion para a caracterização do tráfego rodoviário e do excesso de carga em veículos comerciais. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/D.3.2018.tde-31102018-153636 - Acesso em 26 de ago. 2023
- BOSSO, M., VASCONCELOS, K. L., HO, L. L., BERNUCCI, L. L. B. (2019). Use of regression trees to predict overweight trucks from historical weigh-in-motion data. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 7(6), 843–859. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2018.07.004>
- BRASIL (1973). Lei n. 5.966 de 11 de dezembro de 1973 - Institui o Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, e dá outras providências, Brasília - DF. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15966.htm - Acesso em 26 de ago. 2023.
- BRASIL (1997). Lei n. 9.503 de 23 de setembro de 1997 - Código de Trânsito Brasileiro - CTB, Brasília - DF. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503.htm - Acesso em 26 de ago. 2023.

BRASIL (1999). Lei nº 9.933 de 23 de setembro de 1997 - Dispõe sobre as competências do Conmetro e do Inmetro, institui a Taxa de Serviços Metrológicos, e dá outras providências, Brasília - DF. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19933.htm - Acesso em 26 de ago. 2023.

BRASIL (2006). Decreto nº 5.798, de 07 de junho de 2006, Brasília - DF. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5798.htm - Acesso em 26 de ago. 2023.

BRASIL (2018). Lei nº 13.703 de 08 de agosto de 2018 - Institui a Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas, Brasília - DF. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113703.htm - Acesso em 26 de ago. 2023.

BRASIL (2021). Lei nº 14.206 de 27 de setembro de 2021 - Institui o Documento Eletrônico de Transporte (DT-e), Brasília - DF. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14206.htm - Acesso em 26 de ago. 2023.

BRASIL (2021-2). Lei nº 14.229 de 21 de outubro de 2021 - Altera a Lei nº 7.408, de 25 de novembro de 1985, e a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, Brasília - DF. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/114229.htm - Acesso em 26 de ago. 2023.

BRITO, L., CERATTI, J. A. P., NÚÑEZ, W. P., BOCK, A., VITORELLO, T., HIRSCH, F., CRONST, F., CEZIMBRA, R., TIEFENSEE, M. D., MATTA, H.A.N. (2013). Implantação de um sistema de pesagem em movimento em alta velocidade na rodovia BR-290/RS, FreeWay, para estudo de espectro de cargas comerciais rodantes. Revista Estradas, nº18, p. 22-28

BRITO, L., BOCK, A., CERATTI, J., NÚÑEZ, W. (2014). 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, 1(1), 29-41. doi: <https://doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v1n1p29-41>

- BURNOS, P., RYS, D. (2017). The Effect of Flexible Pavement Mechanics on the Accuracy of Axle Load Sensors in Vehicle Weigh-in-Motion Systems. *Sensors* 17, n. 9: 2053. <https://doi.org/10.3390/s17092053>.
- BURNOS, P., GAJDA, J. (2020). Optimised autocalibration algorithm of weigh-in-motion systems for direct mass enforcement. *Sensors* (Switzerland), 20(11). <https://doi.org/10.3390/s20113049>
- CHOU, C. J. (1996). Effect of overloaded heavy vehicles on pavement and bridge design. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. Washington, D. C., n. 1539, p. 58-65. <https://doi.org/10.1177/0361198196153900108>
- CONTRAN (2015). Resolução CONTRAN nº 547, de 19 de agosto de 2015. Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, Brasília - DF. Disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao5472015.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- CONTRAN (2021). Resolução CONTRAN nº 882, de 13 de dezembro de 2021. Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, Brasília - DF. Disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/Resolucao8822021.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- CONTRAN (2022). Resolução CONTRAN nº 902, de 09 de março de 2022. Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, Brasília - DF. Disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/Resolucao9022022.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- CONTRAN (2022-1). Resolução CONTRAN nº 989, de 15 de dezembro de 2022. Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, Brasília - DF. Disponível em <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/Resolucao9852022.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- CNT (2021). Anuário CNT do Transporte 2021. Confederação Nacional de Transportes, Brasília -DF. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021> - Acesso em 26 de ago. 2023.

CRESWELL, J. W. (2009). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (3rd ed.). Sage Publications.

DNIT e LABTRANS (2007). Levantamento de Sistemas de Pesagem em Movimento Existentes no Mundo. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes; Laboratório de Transportes e Logística da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis

DNIT. (2006). Manual de Estudos de Tráfego. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Publicação 723, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, Rio de Janeiro. Disponível em https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/723_manual_estudos_trafego.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023.

DNIT (2009). Relatório de avaliação dos resultados. Relatório de projeto: Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento, Convênio TT 102/2007. UFSC, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, Ministério de Transportes, Brasília.

DNIT (2022). Resolução nº 11, de 21 de setembro de 2022, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, Brasília - DF. Disponível em <https://www.gov.br/dnit/pt-br/central-de-conteudos/atos-normativos/tipo/resolucoes/resolucao-no-11-2022> - Acesso em 26 de ago. 2023.

DICKER, L. (2009). Percepção de valor em sistemas de informação orientados para o pequeno e médio varejo brasileiro. Faculdade de Ciências Empresariais da Universidade Fumec - Belo Horizonte/MG - Brasil. Disponível em <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:148764266> - Acesso em 26 de ago. 2023

DORMINEY, J., FLEMING, A., KRANACHER, M., RILEY, R. (2010). Beyond the fraud triangle. The CPA Journal, 80(7), 17-23.

FENG, M. Q., LEUNG, R. Y., ECKERSLEY, C. M. (2020). Non-Contact vehicle Weigh-in-Motion using computer vision. Measurement, 153, 107415. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.107415>

- FARUOLO, L. B. (2015). Abordagem Metrológica da Força exercida por eixos de Veículos Rodoviários em Movimento com Cargas Líquidas (Tese de doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE. Disponível em https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3367589# - Acesso em 26 de ago. 2023
- FARUOLO, L. B., SILVA, P. R. M., GASPARETO, D. (2019). Avaliação de impacto regulatório da pesagem de veículos direta na rodovia. Anais do X Congresso Brasileiro de Metrologia, CBM, Florianópolis, 8p.
- FERNANDES JÚNIOR, J. L. (1994). Investigação dos efeitos das solicitações do tráfego sobre o desempenho de pavimentos. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. doi:10.11606/T.18.2018.tde-09042018-102257
- FRANCESCHI, L., OTTO, G. G., KAESEMODEL, L., VALENTE, A. M. (2019). Elaboração de um processo multicritérios para apoio à localização de postos de pesagem em malhas rodoviárias. Anais 33º Congresso Da ANPET - Balneário Camboriú - SC. Disponível em http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Modelos%20e%20Técnicas%20de%20Planejamento%20de%20Transportes/Modelagem%20Aplicada%20ao%20Transporte%20de%20Cargas/5_14_AC.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023
- GAJDA, J., SROKA, R., STENCEL, M., ZEGLEN, T., PIWOWAR, P., BURNOS, P. (2012). Analysis of the temperature influences on the metrological properties of polymer piezoelectric load sensors applied in Weigh-in-Motion systems. 2012 IEEE I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings, May, 772–775. <https://doi.org/10.1109/I2MTC.2012.6229482>
- GASPARETO, D. (2017). Análise de sistema automatizado de pesagem veicular com plataformas. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/169334> - Acesso em 26 de ago. 2023

- GHISOLFI V., G. M. R., FILHO R. D. O., CHAVES G. L. D., HOFFMANN I. C. S., JÚNIOR L. A. R. T. L. R. (2018). Avaliação de impactos do excesso de peso no transporte rodoviário de cargas. Anais do 32º Congresso ANPET, Gramado, p 576-587 Disponível em https://www.anpet.org.br/anais32/documentos/2018/Aspectos%20Economicos%20Sociais%20Politicos%20e%20Ambientais%20do%20Transporte/Transporte%20e%20Meio%20Ambiente%20II/3_594_AC.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023
- GHISOLFI, V. (2018). Dinâmica de sistemas para avaliação de impactos do excesso de peso no transporte rodoviário de cargas. Dissertação (Mestrado) - Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 161p, 10(2), 1–15. Disponível em <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/11969/1/VeronicaGhisolfi.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023
- GIBBS, G. (2009). Análise de dados qualitativos Porto Alegre: Artmed. (Pesquisa em Educação, v. 1)
- GUERSON, L., ZANELA, V., AMIR, T., VALENTE, M. (2021). Operação de sistema *Hs-Wim* para controle do excesso de peso de veículos em condições brasileiras. Anais do 35º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes - ANPET, 1–12. Disponível em https://www.anpet.org.br/anais35/documentos/2021/Tr%C3%A1fego%20Urbano%20e%20Rodovi%C3%A1rio/Tr%C3%A1fego%20Rodovi%C3%A1rio/8_388_AC.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023
- GUIMARÃES, A. J. R., MOREIRA, P. S. DA C., BEZERRA, C. A. (2021). Modelos de inovação: Análise bibliométrica da produção científica Innovation models: Bibliometric analysis of scientific production. Brazilian Journal of Information Science: Research Trends, 15, 2106. <https://doi.org/10.36311/1981-1640.2021.v15.e02106>
- GUO, T., FRANGOPOL, D. M., CHEN, Y. (2012). Fatigue reliability assessment of steel bridge details integrating weigh-in-motion data and probabilistic finite element analysis. Computers and Structures, 112–113, 245–257. <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2012.09.002>

- HEINIMANN, E. H. R. (2021). Pavement engineering for forest roads: Development and opportunities. In Croatian Journal of Forest Engineering (Vol. 42, Issue 1, pp. 91–106). University of Zagreb, Faculty of Political Sciences. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2021.860>
- HELMI, A., WARDANI, S. P. R., RIYANTO, B. (2019). Analysis of cost of road infrastructure maintenance caused by overweight goods transportation in primary arterial roads. International Journal of Civil Engineering and Technology, 10(2), 1526–1545. Disponível em <https://sdbindex.com/Documents/index/00000001/00000-52181> - Acesso em 26 de ago. 2023
- INMETRO (2021). Portaria INMETRO nº 87, de 11 de fevereiro de 2021. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, Duque de Caxias - RJ. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002699.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023
- INMETRO (2022). Portaria INMETRO/Dimel nº 17, de 7 de janeiro de 2022. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, Duque de Caxias - RJ. Disponível em <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/pam/PAM007597.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023
- INMETRO (2022-1). Portaria INMETRO nº 19, de 12 de janeiro de 2022. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, Duque de Caxias - RJ. Disponível em <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002908.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023
- INMETRO (2022-2). Portaria INMETRO nº 199, de 02 de maio de 2022. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, Duque de Caxias - RJ. Disponível em <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002977.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023
- INMETRO (2022). Norma NIT-SEMAS-002, dezembro de 2022. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia - INMETRO, Duque de Caxias - RJ. Disponível em http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa_link.asp?seq_tipo_documento=4&cod_uo_numeroacao=00874&num_documento=002 - Acesso em 26 de ago. 2023
- JACOB, B., FEYPELL, V. (2010). Improving truck safety: Potential of weigh-in-motion technology. IATSS Research, 34(1), 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2010.06.003>

- JACOB, B., COTTINEAU, L. M. (2016). Weigh-in-motion for Direct Enforcement of Overloaded Commercial Vehicles. *Transportation Research Procedia*, 14(0), 1413–1422. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.214>
- JIN, L., ZHANG, B., ZHANG, L., YANG, W. (2019). Nanogenerator as new energy technology for self-powered intelligent transportation system. *Nano Energy*, 66, 104086. <https://doi.org/10.1016/J.NANOEN.2019.104086>
- KAWAKATSU, T., AIHARA, K., TAKASU, A., ADACHI, J. (2019). Deep Sensing Approach to Single-Sensor Vehicle Weighing System on Bridges. *IEEE Sensors Journal*, 19(1), 253–256. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2018.2872839>
- KLAMT, R. A., SPECHT, L. P., BUDNY, J., KNIERIM, L. da S. (2017). A influência da sobrecarga nos pavimentos e a importância da fiscalização de pesagem veicular nas rodovias brasileiras. *Revista CIATEC-UPF*, 9(2), 52-65. <https://doi.org/10.5335/ciatec.v9i2.7569>
- LIM, K. L., WHITEHEAD, J., JIA, D., ZHENG, Z. (2021). State of data platforms for connected vehicles and infrastructures. *Communications in Transportation Research*, 1, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.commtr.2021.100013>
- LIMA, D. S. (2019). O uso do Pentágono da Fraude no processo de identificação de riscos de corrupção em empresas privadas. 2019. 134 f. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Finanças Empresariais) - Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. Disponível em <http://dspace.mackenzie.br/handle/10899/26472> - Acesso em 26 de ago. 2023
- LIZBETIN, J., VEJS, P., CAHA, Z., LIZBETINOVA, L., MICHALK, P. (2016). The Possibilities of Dynamic Shipment Weighing in Rail Freight Transport. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 18(2), 113-117. doi: 10.26552/com.C.2016.2.113-117

- MACIAS, C. A. (1998). O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. *Ci. Inf.*, 27(2), 134-140. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ci/v27n2/macias.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023
- MARCOS, M. B., GUERSON, L. P., ESPÍNDOLA, V., TANI, V. Z., VALENTE, A. M. (2019). Diagnóstico Técnico-Operacional para implementação de Postos De Pesagem Veicular (PPVs) com agente remoto. *Anais Do 33º Congresso ANPET, Balneário Camboriú - SC*, 767–778. Disponível em https://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Gest%C3%A3o%20de%20Transportes/Gest%C3%A3o%20do%20Transporte%20de%20Carga/1_752_AC.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023
- MARCOS, M. B., ALVES, J. V. (2020). Avaliação dos impactos do excesso de peso por eixo em veículos no transporte rodoviário de cargas. *Anais do V CONAPESC. Campina Grande: Realize Editora*, 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/72951> - Acesso em 26 de ago. 2023
- MARCOS, M. B., ALVES, J. V. (2020-I). Avaliação do uso de agente remoto na pesagem rodoviária de veículos: impactos e desafios. *Anais do XVII Rio de Transportes*. Disponível em: http://riodetransportes.org.br/xvii/images/ANAIS/Anais_Vers%C3%A3oFinal/58.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023
- MARCOS, M. B. (2021). Avaliação do impacto da implantação do documento eletrônico de transporte (DT-e) no controle de peso dos veículos no transporte rodoviário de cargas. *Anais Do VI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino Em Ciências*, 1–12. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76893> - Acesso em 26 de ago. 2023
- MARIA, L., VENTURA, B., DE ALMEIDA D'AGOSTO, M. (2021). Sensoriamento remoto: uma alternativa para o controle da poluição veicular. *R. Gest. Sust. Ambient. Florianópolis-SC*, 326–342. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v10e12021326-342>
- MARTINS, E. (2010). *Contabilidade de custos*. 10ª ed. São Paulo: Atlas.
- MERIGÓ, J. M., PEDRYCZ, W., WEBER, R., DE LA SOTTA, C. (2018). Fifty years of Information Sciences: A bibliometric overview. *Information Sciences*, 432, 245–268. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2017.11.054>

- MEYER, M.D., (2008). Design Standards for U.S. Transportation Infrastructure: The Implications of Climate Change. Georgia Institute of Technology, Atlanta, 30 pp. Transportation Research Board of the National Academies, TRB Publications Index. Disponível em https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/sr/sr290_design.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023 .
- MIMBELA, L. E. Y., KLEIN, L. A. (2007). Summary of Vehicle Detection and Surveillance Technologies Used in Intelligent Transportation Systems. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. The Vehicle Detector Clearinghouse. Disponível em <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/50558> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- MIRANDA, L. C., SILVA, J. D. G. (2002). Medição de desempenho. In: SCHIMIDT, Paulo. Controladoria agregando valor para a empresa. Porto Alegre: Bookman, 2002
- MOHAMMAD, S., FEI, D. (2021). Application of weigh-in-motion technologies for pavement and bridge response monitoring: State-of-the-art review, Automation in Construction, Volume 130, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103844>
- OSKARBSKI, J., KASZUBOWSKI, D. (2016). Implementation of Weigh-in-Motion System in Freight Traffic Management in Urban Areas. Transportation Research Procedia, 16(March), 449–463. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.11.042>
- PÉRA, T. G., ROCHA, F.V., BASTIANI, F.P.; SANTOS, R.M.; COSTA, E.V.; JOÃO, A.M.; CAIXETA FILHO, J.V. (2021). Análise do Excesso de Peso Entre Eixos no Transporte Rodoviário de Cargas. Série Logística do Agronegócio –Oportunidades e Desafios, V.5,39 p., Grupo ESALQ-LOG/USP, Piracicaba, Brasil. Disponível em <https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Análise%20do%20excesso%20de%20peso%20entre%20eixos%20no%20transporte%20rodoviário%20de%20cargas%20%20ESALQ-LOG.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- PEREZ JR, J. H., OLIVEIRA, L. M., COSTA, R. G. (2006). Gestão Estratégica de Custos. São Paulo, Atlas S.A., v. 5.

- RADOICIC, G., JOVANOVIĆ, M., ARSIĆ, M. (2016). Experience with an on-board weighing system solution for heavy vehicles. *ETRI Journal*, 38(4), 787–797. <https://doi.org/10.4218/etrij.16.0115.0183>
- REIS, F. P. dos, TIEFENSEE, M. D., QUEBAUD, M. R., LUZZI, F. C., MEIRELLES, E. B., BRITO, L. A. T., MENSH, N. G. (2017). Avaliação da influência da sobrecarga dos veículos pesados na rodovia BR-290/RS. *Anais Do 31º Congresso ANPET, Recife-PE, 2017*, 2961–2968. Disponível em <http://146.164.5.73:30080/tempsite/anais/completos/trafego-urbano-e-rodoviario.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- RÉUS, T. F., DA SILVA JÚNIOR, C. A. P., FONTENELE, H. B. (2016). Dano pelo sobrepeso de veículos comerciais ao pavimento flexível. *Revista Tecnologia*, 35(1/2), 55–65. <https://doi.org/10.5020/23180730.2014.V35.1/2.55-65>
- RIBEIRO, A. E. (2008). A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. In: *Evidência, olhares e pesquisas em saberes educacionais*. Número 4, maio de 2008. Araxá. Centro Universitário do Planalto de Araxá - MG. Disponível em <https://scholar.google.com.br/scholar?oi=bibs&cluster=16633388300819911858&btnI=1&hl=pt-BR> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- ROMEIRO JÚNIOR, C. L. D. S., BRITO, L. A. T., HELLER, L. F., SCHREINERT, G. G., NÚÑEZ, W. P., CERATTI, J. A. P., & MERIGHI, C. (2019). Impact on pavement deterioration due to overload vehicle regulation in Brazil. *Transportation Research Procedia*, 45, 842–849. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.085>
- RUANKAEW, T. (2016). Beyond the Fraud Diamond, *International Journal of Business Management and Economic Research(IJBMER)*, Vol 7(1), 474-476 Disponível em <http://www.ijbmer.com/docs/volumes/vol7issue1/ijbmer2016070102.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.

- RYS, D. (2019). Investigation of weigh-in-motion measurement accuracy on the basis of steering axle load spectra. *Sensors* (Switzerland), 19(15):3272. <https://doi.org/10.3390/s19153272>
- SALLES, C., LUIS, J., HERMOSILLA, G., & CHIARI DA SILVA, E. C. (2016). A influência da informação (telemetria) na gestão de frota: um estudo de caso em uma empresa de transportes de médio porte do interior do Estado de São Paulo. XXXVI Encontro nacional de Engenharia de Produção. Disponível em https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_319_30056.pdf - Acesso em 26 de ago. 2023.
- SANTOS, J. L., SCHIMIDT, P., PINHEIRO, P. R. (2006). Fundamentos de Gestão Estratégica de Custos. [S.l.]: São Paulo, Atlas S.A., v. 23.
- SANTOS, T. A., JÚNIOR, C. A. P. DA S., FONTENELE, H. B. (2019). The effect of axle load spectra from AASHTO method on flexible pavement performance. *Acta Scientiarum - Technology*, 41. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v41i1.35117>
- SANTOS, A. S., KAHN RIBEIRO, S., SOUZA DE ABREU, V. H. (2020). Addressing Climate Change in Brazil: Is Rio de Janeiro City acting on adaptation strategies? Proceedings of the 2020 International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change, ICUE 2020. <https://doi.org/10.1109/ICUE49301.2020.9307010>
- SENATRAN (2022). Portaria SENATRAN N° 268, de 14 de março de 2022, Secretaria Nacional de Trânsito - SENATRAN, Brasília - DF. Disponível em <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/portarias/2022/Portaria2682022n2.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- SROKA, R., BURNOS, P., GAJDA, J. (2019). Vehicle's Axle Load Sensors in Weigh-in-motion Systems. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/338229910> - Acesso em 26 de ago. 2023.

- STRADLING, S. G., ANABLE, J., & CARRENO, M. (2007). Performance, importance and user disgruntlement: A six-step method for measuring satisfaction with travel modes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(1), 98–106. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.05.013>
- SUN, X., WU, Z., & RUPNOW, T. D. (2020). Impact of Overweight Traffic from Shale Gas Development on Pavement Damage Costs: Case Study in Louisiana. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(1), 1–9. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000525](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000525)
- TERÁN, J., NAVARRO, L., QUINTERO M., C. G., & PARDO, M. (2020). Intelligent driving assistant based on road accident risk map analysis and vehicle telemetry. *Sensors (Switzerland)*, 20(6). <https://doi.org/10.3390/s20061763>
- THOM, N., (2014). *Principles of pavement engineering*, 2nd Ed. London: ICE Publishing, 403 p, Disponível em: https://www.academia.edu/7803972/Principles_of_Pavement_Engineering_Second_edition - Acesso em 26 de ago. 2023.
- TRIPP, D. (2005). Pesquisa-ação: uma introdução metodológica . *Educação E Pesquisa*, 31(3), 443-466. <https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000300009>
- TURNER, N. (2008). Future-proofing Your Organisation. *CEO Journal*. October, 2008. Disponível em: <https://www.the-chiefexecutive.com/features/feature43910/index.html> - Acesso em 26 de ago. 2023.
- VIEIRA, Z. S., GAMERO, A. R., SOARES, T. B., & LATALIZA, W. A. (2021). Geotecnologias aplicadas ao transporte de cargas no Brasil: uma revisão sistemática. *Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, 3(3), 107–126. <https://doi.org/10.46636/recital.v3i3.202>
- XIONG, H., ZHANG, Y. (2019). Feasibility study for using piezoelectric-based weigh-in-motion (WIM) system on public roadway. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(15). <https://doi.org/10.3390/app9153098>

YANNIS, G., ANTONIOU, C. (2005). Integration of weigh-in-motion technologies in road infrastructure management. *Ite Journal*. 75. 39-43. Disponível em: <https://www.nrso.ntua.gr/geyannis/wp-content/uploads/geyannis-pj18m.pdf> - Acesso em 26 de ago. 2023.

ANEXO 1: Resposta da entrevista Semiestruturada



Entrevista semiestruturada para subsidiar a pesquisa e desenvolvimento da dissertação do mestrando em Engenharia de Transportes, Sr. Marcelo Bavier.

Para obter maior assertividade e veracidade nas respostas, não é necessária a identificação do respondente, visto que algumas das indicações podem refletir critérios e problemas internos do ambiente de trabalho, sendo a identificação do entrevistado um fator negativo para a qualidade da resposta.

O questionário foi elaborado com perguntas pré-definidas e com campos de resposta livre, onde pede-se que a resposta seja a mais sucinta e direta possível. Caso não deseje responder, por favor, não deixar em branco, basta simplesmente escrever que não deseja responder.

Desde já agradeço imensamente a participação, não vai demorar mais do que 15 minutos para terminar o questionário.

Perguntas:

- 1) Qual o seu grau de instrução e formação?
- 2) Ocupa cargo gerencial e de tomada de decisão na sua instituição/empresa?
- 3) O Senhor(a) se sente hábil para avaliar e indicar pontos relevantes referentes ao processo de controle de peso em rodovias?
- 4) Com base na sua experiência, entende que o atual sistema de pesagem veicular é eficaz?
- 5) De forma sucinta, com base na resposta anterior e na sua opinião, levando como base o atual modelo de fiscalização de peso:
 - a. quais fatores influenciam positivamente para a atividade de controle de peso em rodovias?
 - b. quais fatores influenciam negativamente para a atividade de controle de peso em rodovias?
- 6) Na sua opinião, existe o uso adequado de tecnologias inteligentes aplicadas ao transporte (ITS) no processo de fiscalização de peso em veículos que circulam nas rodovias? Por favor, justifique a resposta.
- 7) Quantas pessoas, entre colaboradores e servidores públicos, são necessárias para manter em funcionamento ininterrupto um posto de pesagem no modelo atual?
- 8) Entende que é possível reduzir a intervenção humana no processo automatizando os procedimentos? Se sim, para quantas pessoas?
- 9) Com base na percepção que possui, como os usuários (transportadores) enxergam o atual sistema de pesagem?
- 10) Deseja tecer mais algum comentário? Fique à vontade.

Entrevistado/pergunta	Qual o seu grau de instrução e formação?
Entrevistado 1	Mestre em Engenharia
Entrevistado 2	Superior completo - Engenheiro
Entrevistado 3	Pós-Graduado em Gestão Publica
Entrevistado 4	Advogado
Entrevistado 5	Superior completo
Entrevistado 6	Superior completo - Administrador

Entrevistado/pergunta	Ocupa cargo gerencial e de tomada de decisão na sua instituição/empresa?
Entrevistado 1	Sim, Gerente.
Entrevistado 2	Sim
Entrevistado 3	Sim
Entrevistado 4	Sim
Entrevistado 5	Sim
Entrevistado 6	Sim

Entrevistado/pergunta	O Senhor(a) se sente hábil para avaliar e indicar pontos relevantes referentes ao processo de controle de peso em rodovias?
Entrevistado 1	Sim
Entrevistado 2	Sim
Entrevistado 3	Sim
Entrevistado 4	Sim
Entrevistado 5	Sim
Entrevistado 6	Sim

Entrevistado/pergunta	Com base na sua experiência, entende que o atual sistema de pesagem veicular é eficaz?
Entrevistado 1	Não
Entrevistado 2	Sim, mas pode melhorar
Entrevistado 3	Não
Entrevistado 4	Não
Entrevistado 5	Não, precisa de aprimoramento.
Entrevistado 6	Não

Entrevistado/pergunta	Quais fatores influenciam positivamente para a atividade de controle de peso em rodovias (pontos fortes e oportunidades)?
-----------------------	---

Entrevistado 1	Aceitação pela sociedade, alto nível de operação, apoio dos órgãos governamentais, o Código Nacional de Trânsito e Resoluções do Contran são bem detalhadas, operação por agente remoto tida como prioritária pela ANTT, disponibilidade de infraestrutura tecnológica no CNSO da ANTT.
Entrevistado 2	Cobertura de monitoramento, exigência legal da atividade, regulamentação metrológica favorável, ser uma obrigação contratual das concessionárias, a atividade trás segurança para a via, disponibilidade de recursos de rede e TI para desenvolvimento, mão-de-obra qualificada para a atividade.
Entrevistado 3	Interação com o usuário, sentimento de fiscalização pelos usuários, sentimento de fiscalização pelos usuários, disponibilidade de rede de dados e recursos tecnológicos, migração do modelo presencial para a operação remota, possibilidade de iniciar a operação em <i>Hs-Wim</i> nos próximos meses.
Entrevistado 4	Atividade de interesse das concessionárias, existência de servidores públicos capacitados para desenvolver a atividade, a ação propicia algo benéfico para toda sociedade, contribuição para o equilíbrio do setor de transporte, postos de pesagens possuem ótima infraestrutura, equipamentos de monitoramento tiveram grande evolução.
Entrevistado 5	Equipe da Agência e das Concessionárias foram capacitadas, sistemas eletrônicos implantados para lavratura dos autos e processamento das infrações, legislação de trânsito recentemente aprimorada, manual de fiscalização aprovado pela Diretoria da Agência e disponibilidade de equipamentos no mercado que atendam às necessidades da atividade.
Entrevistado 6	Esforço da ANTT para manter os postos em atividade e a divulgação de matérias educativas, inclusão da atividade no planejamento estratégico da ANTT, servidores estão treinados para fiscalizar, concessionária possui obrigação de manter a infraestrutura adequada dos postos, repercussão positiva da atividade.

Entrevistado/pergunta	Quais fatores influenciam negativamente para a atividade de controle de peso em rodovias (pontos fracos e ameaças)?
Entrevistado 1	Excesso de interrupções, falta de fiscais da ANTT, impunidade com os grandes infratores, falta de legislação que permita punir penalmente os grandes infratores, postos em regiões sem cobertura de rede de dados e as multas são baratas, custos de construção dos postos e operação elevados e atividade com alta dependência de pessoal, sendo pouco automatizada.
Entrevistado 2	Processo manual que necessita de equipe volumosa para manter operante, grande quantidade de fugas, algumas instalações não dispõem de todos os equipamentos necessários para fiscalização da fuga, falta de uma política integrada pelo Minfra, agenda pró-caminhoneiros do Minfra em detrimento à fiscalização, muitas interrupções e descontinuidades do processo de pesagem.

Entrevistado 3	Falta de ações penais nas empresas que deixam de cumprir a legislação, facilidade de fuga à fiscalização, baixo valor das multas, ausência de servidores da ANTT para operar todos os postos 24 horas por dia presencialmente, postos com baixo índice de operação, baixa automatização dos processos.
Entrevistado 4	Excesso de fugas, atividade ser prioritariamente executada por pessoas, falta de funcionários públicos para manter a operação sem paradas, falta de integração entre os dados fiscais e a fiscalização de peso, deficiência na incorporação à atividade de tecnologias existentes no mercado.
Entrevistado 5	Falta de responsabilização da pessoa física nos casos de grandes excessos, multas baratas e certeza da impunidade, gestores locais da ANTT sem compromisso com a atividade, desinteresse dos servidores de serem lotados em PPVs, resistência de parte dos caminhoneiros, postos com baixa operação e excesso de fugas.
Entrevistado 6	Custo elevado com pessoal para manter a atividade, elevado custo para construção de um PPV, ausência de fiscais, fugas elevadas, falta de uso de tecnologia, parte dos caminhoneiros é contra a atividade e atual governo é apoiado pelos caminhoneiros.

Entrevistado/pergunta	Na sua opinião, existe o uso adequado de tecnologias inteligentes aplicadas ao transporte (ITS) no processo de fiscalização de peso em veículos que circulam nas rodovias? Por favor, justifique a resposta
Entrevistado 1	Não, uma vez que a atividade ainda é estritamente manual, somente parte dos postos dispõem de equipamentos básicos para uma operação adequada.
Entrevistado 2	Não. Ainda há necessidade de grande equipe de pessoas para realizar tarefas que poderiam ser automáticas.
Entrevistado 3	Considero que não existe o uso adequado. Boa parte das rotinas ainda são realizadas por pessoas com manipulação de papel, sendo muito oneroso e sujeito a erros humanos. É possível a incorporação de diversas tecnologias aplicadas ao transporte na verificação de peso veicular.
Entrevistado 4	Já existem tecnologias de identificação de placas e pesagem que são superiores às utilizadas, podendo haver o aprimoramento da atividade, por isso entendo que não é adequado o uso de ITS na atividade de fiscalização de peso
Entrevistado 5	De forma alguma, pois ainda é feito de forma bem semelhante que o DNER fazia, pouca ou quase nenhuma tecnologia é empregada.
Entrevistado 6	Não. Existem diversos recursos que já são utilizados pelas empresas e pelo fisco que poderia ser introduzido no processo de pesagem.

Entrevistado/pergunta	Quantas pessoas, entre colaboradores e servidores públicos, são necessárias para manter em funcionamento ininterrupto um posto de pesagem no modelo atual?
Entrevistado 1	Aproximadamente 25 pessoas.

Entrevistado 2	Entre 16 e 26 pessoas, dependendo do volume de veículos que passam pelo posto.
Entrevistado 3	24 pessoas no mínimo.
Entrevistado 4	Para postos móveis 10 pessoas e fixos 24
Entrevistado 5	São 18 operadores e 5 servidores, mesmo assim não é possível manter a operação ininterrupta.
Entrevistado 6	20 pessoas mais cobertura de férias.

Entrevistado/pergunta	Entende que é possível reduzir a intervenção humana no processo automatizando os procedimentos? Se sim, para quantas pessoas?
Entrevistado 1	Sim. Com a integração de equipes com comunicação online se reduz ao menos em 40% o volume de pessoal necessário.
Entrevistado 2	É possível passar para 10 colaboradores e um fiscal com certa facilidade.
Entrevistado 3	Sim. Com a operação online remota já temos grande redução da quantidade de servidores.
Entrevistado 4	Sim, é possível. Entendo que é possível manter a atividade 24/7 com 12 operadores e 4 fiscais. Se a operação for remota esses mesmos 4 fiscais operam outros 5 postos simultaneamente.
Entrevistado 5	Sem dúvida. Não sei especificar o quanto, mas pelo menos a metade.
Entrevistado 6	Sim, para cerca de 50% da quantidade atual.

Entrevistado/pergunta	Com base na percepção que possui, como os usuários (transportadores) enxergam o atual sistema de pesagem?
Entrevistado 1	Apesar das pessoas não gostarem de sofrer fiscalização, os transportadores que andam corretos apoiam muito a fiscalização. Existe certa indignação de ser parado sem motivo e dos transportadores que fogem.
Entrevistado 2	Observo que os transportadores não gostam de sofrer fiscalização e acham injusto o modo que é feita a verificação.
Entrevistado 3	Em regra geral, há uma boa aceitação. Temos reclamações sobre a demora no atendimento e em saber o que de fato aconteceu, pois a parada do veículo atrasa a entrega e onera o transporte.
Entrevistado 4	Percebo que o mercado vê como necessária a fiscalização de peso, mas existe muita reclamação quanto ao atraso nas viagens para veículos sem excesso de peso.
Entrevistado 5	Enxergam mal e algo que só serve para algumas pessoas que entram, pois, boa parte dos veículos com excesso sequer entram no posto.
Entrevistado 6	De forma positiva em regra, pois o controle de peso ajuda na segurança da via e distribuição de frete.

Entrevistado/pergunta	Deseja tecer mais algum comentário? Fique à vontade
-----------------------	---

Entrevistado 1	Não.
Entrevistado 2	Não, apenas que haja a divulgação do resultado do trabalho.
Entrevistado 3	Não.
Entrevistado 4	Sim, que seja montado um grupo de trabalho para avaliar o sistema de pesagem.
Entrevistado 5	Sim. Que essa pesquisa sirva para alguma coisa no processo de melhoria da fiscalização, pois da forma que está não é eficaz.
Entrevistado 6	Somente parabenizar pela pesquisa e desejar sucesso.

