



---

## **Desempenho dos Sistemas HS-WIM em Araranguá/SC em Testes com Veículos de Peso Conhecido (II)**



Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT  
Recurso de Desenvolvimento Tecnológico – RDT

**Estudos e pesquisas aplicadas visando à modernização da fiscalização e à monitoração rodoviária com equipamentos de pesagem em alta velocidade utilizando o sítio de pesquisas instalado em Araranguá/SC**

## **Desempenho dos Sistemas HS-WIM em Araranguá/SC em Testes com Veículos de Peso Conhecido (II)**

Março de 2024



**CCR** *ViaCosteira*

Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT / Recurso de Desenvolvimento Tecnológico – RDT

**Estudos e pesquisas aplicadas visando à modernização da fiscalização e à monitoração rodoviária com equipamentos de pesagem em alta velocidade utilizando o sítio de pesquisas instalado em Araranguá/SC**

**Concessionária Catarinense de Rodovias S.A. – CCR Via Costeira**

Rua Silvío Burigo, nº 555 – Bairro Oficinas  
CEP 88702-500 – Tubarão – Santa Catarina  
<https://www.ccrviacosteira.com.br>

Breno Ferreira Leal  
Gerente Contrato de Concessão

**Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária – FAPEU**

Rua Delfino Conti, s/nº, Campus Universitário, Bairro Trindade – Caixa Postal 5153  
8040-370 – Florianópolis – Santa Catarina  
<http://www.fapeu.com.br>

Valter Zanela Tani  
Coordenador Técnico

Fábio Silva de Souza  
Superintendente

## Lista de Figuras

Figura 1	Vista aérea do sítio de pesquisa de tecnologias HS-WIM em Araranguá/SC .....	13
Figura 2	Sítio de Pesquisa de HS-WIM de Araranguá/SC e seus componentes.....	14
Figura 3	Vista aérea da Estação Integrada (EI).....	15
Figura 4	Estrutura do PCBE dimensionado de acordo com a metodologia francesa .....	16
Figura 5	Estrutura em PCCA .....	16
Figura 6	Sistema S1 <i>in loco</i> .....	17
Figura 7	Estrutura do sistema S1.....	18
Figura 8	Estrutura do sistema S3.....	18
Figura 9	Imagem aérea do sistema S3 .....	19
Figura 10	Estrutura do sistema S4.....	19
Figura 11	Imagem aérea do sistema S4 .....	20
Figura 12	Localizações dos pontos de pesagem .....	21
Figura 13	Classes selecionadas para a coleta de dados nos sistemas de Araranguá/SC ....	22
Figura 14	Carregamento limite das classes selecionadas para coleta de dados .....	23
Figura 15	Trajetos para pesagem de referência com veículos conhecidos.....	23
Figura 16	Posições de passagem dos caminhões nos sensores.....	25
Figura 17	Trajetos para as passadas pelos sistemas HS-WIM em Araranguá/SC.....	26
Figura 18	Ficha de acompanhamento da coleta de dados com veículos conhecidos .....	27
Figura 19	Veículos 3C, 2S3 e 3S3 utilizados para a coleta de dados em dezembro de 2023.....	32
Figura 20	Balança da plataforma Cedro Engenharia e Mineração, em Maracajá/SC.....	32
Figura 21	Balança do PPV em Araranguá/SC .....	33
Figura 22	Exemplo do registro de dados coletados pelos sistemas comerciais .....	35
Figura 23	Exemplo do registro de dados detalhados para um determinado evento.....	36
Figura 24	Distribuição dos erros percentuais observados no sistema S1.....	54
Figura 25	Distribuição dos erros percentuais observados no sistema S3.....	55
Figura 26	Distribuição dos erros percentuais observados no sistema S4.....	56

Figura 27	Distribuição dos erros por eixo e por grupo de eixo observados no sistema S1.....	57
Figura 28	Distribuição dos erros por eixo e por grupo de eixo observados no sistema S3.....	58
Figura 29	Distribuição dos erros por eixo e por grupo de eixo observados no sistema S4.....	59
Figura 30	Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para o PBT.....	60
Figura 31	Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para eixos e grupos de eixos.....	61
Figura 32	Limites do regulamento estabelecido pela Portaria Inmetro nº 019/2022 para o PBT.....	61
Figura 33	Limites do regulamento estabelecido pela Portaria INMETRO nº 019/2022 para eixos e grupos de eixos .....	62
Figura 34	Distribuição dos erros em função dos limites do INMETRO para o sistema S1..	63
Figura 35	Distribuição dos erros em função dos limites do INMETRO para o sistema S3..	64
Figura 36	Distribuição dos erros em função dos limites do INMETRO para o sistema S4..	65
Figura 37	Resultados obtidos na metodologia COST para o sistema S1.....	66
Figura 38	Resultados obtidos na metodologia COST para o sistema S3.....	66
Figura 39	Resultados obtidos na metodologia COST para o sistema S4.....	66
Figura 40	Dispersão de erros em função da velocidade para o sistema S1.....	67
Figura 41	Dispersão de erros em função da velocidade para o sistema S3.....	67
Figura 42	Dispersão de erros em função da velocidade para o sistema S4.....	68
Figura 43	Dispersão de erros em função do horário da coleta para o sistema S1 .....	69
Figura 44	Dispersão de erros em função do horário da coleta para o sistema S3 .....	70
Figura 45	Dispersão de erros em função do horário da coleta para o sistema S4 .....	71

## Lista de Quadros

Quadro 1	Programação do primeiro dia de coleta de dados com veículos conhecidos.....	28
Quadro 2	Programação do segundo dia de coleta de dados com veículos conhecidos.....	29
Quadro 3	Programação do terceiro dia de coleta de dados com veículos conhecidos.....	30
Quadro 4	Programação do quarto dia de coleta de dados com veículos conhecidos.....	31
Quadro 5	Resultados da pesagem estática na balança de plataforma.....	33
Quadro 6	Resultados da pesagem na balança do PPV em dezembro de 2023 .....	34
Quadro 7	Dados coletados dos veículos conhecidos da classe 3C do Sistema S1 .....	37
Quadro 8	Dados coletados dos veículos conhecidos da classe 2S3 do Sistema S1 .....	38
Quadro 9	Dados coletados dos veículos conhecidos da classe 3S3 do Sistema S1 .....	39
Quadro 10	Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3C do Sistema S3 .....	41
Quadro 11	Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 2S3 do Sistema S3 .....	42
Quadro 12	Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3S3 do Sistema S3 .....	44
Quadro 13	Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3C do Sistema S4 .....	45
Quadro 14	Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 2S3 do Sistema S4 .....	46
Quadro 15	Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3S3 do Sistema S4 .....	48
Quadro 16	Pesos de referência adotados para o cálculo dos erros.....	53
Quadro 17	Resumo dos resultados obtidos no sistema S1.....	73
Quadro 18	Resumo dos resultados obtidos no sistema S3.....	74
Quadro 19	Resumo dos resultados obtidos no sistema S4.....	74
Quadro 20	Classes de desempenho atingidas pelo sistema S1 .....	75
Quadro 21	Classes de desempenho atingidas pelo sistema S3 .....	75
Quadro 22	Classes de desempenho atingidas pelo sistema S4 .....	76
Quadro 23	Comparação dos erros do sistema S1 .....	80
Quadro 24	Comparação dos erros do sistema S3 .....	80



## Sumário

1. Introdução .....	9
2. Sítio de Pesquisas de Pesagem em Movimento .....	13
2.1. Apresentação da infraestrutura existente .....	14
2.1.1. Estação Integrada .....	15
2.1.2. Pista Experimental: PCBE .....	15
2.1.3. Pista Experimental: PCCA .....	16
2.2. Apresentação dos sistemas .....	17
2.2.1. Sistema S1 .....	17
2.2.2. Sistema S3 .....	18
2.2.3. Sistema S4 .....	19
3. Procedimentos de Coleta de Dados para a Análise do Desempenho dos Sistemas ..	21
4. Registro dos Dados .....	35
4.1. Sistema S1 .....	36
4.2. Sistema S3 .....	41
4.3. Sistema S4 .....	45
5. Análise de Desempenho dos Sistemas .....	51
5.1. Definição dos pesos de referência .....	52
5.2. Erros observados nas amostras .....	53
5.3. Verificação de desempenho em função dos documentos de referência .....	60
5.3.1. Verificação estatística com a metodologia COST 323 .....	66
5.4. Análise exploratória .....	66
6. Análise dos Resultados dos Sistemas .....	73
6.1. Discussão dos resultados .....	76
7. Considerações Finais .....	79
REFERÊNCIAS .....	81



## 1. Introdução

A Tecnologia de Pesagem em Movimento (WIM) tem evoluído significativamente e apresenta-se como uma ferramenta promissora para o monitoramento e a fiscalização do excesso de carga em rodovias. No Brasil, os fornecedores e fabricantes estão trabalhando para a homologação dos equipamentos junto ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). No entanto, apesar dos avanços significativos, ainda existem desafios a serem superados para iniciar a fiscalização do excesso de carga apenas com base no modelo de Pesagem em Movimento de Alta Velocidade (HS-WIM). Os principais desafios consistem: na operação do processo de fiscalização, em como orientar os condutores sobre o excesso de carga, em quais procedimentos administrativos adotar (transbordo e remanejamento), em como proceder após a identificação do excesso e em como verificar se o problema foi corrigido.

Por outro lado, as tecnologias HS-WIM já estão prontas para coletar as informações necessárias para embasar autuações por excesso de carga. O presente documento explora os métodos de teste dos sistemas HS-WIM e como o desempenho desses sistemas é avaliado. Os testes de desempenho em sistemas de pesagem em movimento são fundamentais para garantir precisão, calibração e eficiência dos sistemas HS-WIM. Ademais, auxiliam na identificação de possíveis problemas e oportunidades de melhoria, contribuindo para a adequação e confiabilidade do sistema de pesagem ao longo do tempo. O acompanhamento do desempenho dos sistemas de pesagem ao longo de sua vida útil traz uma série de benefícios importantes, como segurança, cumprimento de regulamentações, eficiência operacional, manutenção preventiva e controle do excesso de carga.

Através do acompanhamento do desempenho dos sistemas de pesagem em movimento, é possível garantir que os veículos estejam dentro dos limites de peso estabelecidos, aumentando a segurança nas estradas. Além disso, promove o cumprimento das regulamentações em relação ao peso máximo permitido para veículos de carga, evitando multas e sanções legais. A manutenção preventiva é facilitada ao identificar problemas nos sistemas de pesagem antes que se tornem falhas graves, evitando interrupções não planejadas nas operações.

O presente documento, denominado “Desempenho dos Sistemas HS-WIM em Araranguá/SC em Testes com Veículos de Peso Conhecido (II)”, é um dos produtos previstos pela Ação 5 – Coleta de Dados, Testes e Avaliações de Novas Tecnologias de Pesagem em

Movimento (WIM) para Políticas de Fiscalização Direta, conforme o Plano de Trabalho. Tem como objetivo apresentar os resultados de desempenho dos sistemas de pesagem em movimento instalados no sítio de pesquisa, utilizando como referência os Veículos com Peso Bruto Total, Peso por Eixo e grupos de eixos conhecidos.

Os testes consistem em passar Veículos Conhecidos diversas vezes em diferentes velocidades e posições laterais sobre os sistemas instalados. As informações coletadas pelos sistemas de aquisição de dados processam, armazenam e transmitem as informações para a base de dados do projeto. Os testes com Veículos Conhecidos permitem verificar o desempenho dos sistemas instalados frente aos requisitos legais estabelecidos para os instrumentos de fiscalização, além de fornecer informações complementares do comportamento dos sistemas em diferentes condições de velocidade, posição lateral e temperatura.

Para a realização da coleta de dados proposta, são utilizados três caminhões das classes mais representativas do tráfego local. Em estudos anteriores, foram utilizados caminhões das classes 3C, 2S3 e 3S3, conforme a classificação do Quadro de Fabricantes de Veículos (QFV) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Os veículos são carregados próximos ao limite estabelecido para cada uma das classes. O material usado para carga é obtido por meio de parcerias para empréstimo, garantindo a devolução após a realização dos testes.

Os resultados obtidos são comparados com os erros máximos obtidos pelos sistemas, com os limites para erro máximo admissível, estabelecidos no Regulamento Técnico Metrológico da Portaria nº 19 do INMETRO, de 12 de janeiro de 2022 (Brasil, 2022), em vigência no país, com os limites da recomendação R 134-1 (OIML, 2006) da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML) e pelo procedimento estabelecido na especificação de referência COST 323 (COST Project, 1999).

O documento em questão apresenta uma estrutura organizada para abordar os aspectos relacionados ao sítio de pesquisas de pesagem em movimento, os sistemas utilizados, os procedimentos de coleta de dados, o registro dos dados coletados e a análise de desempenho desses sistemas.

O Capítulo 2 apresenta detalhes sobre o sítio de pesquisas de pesagem em movimento, incluindo uma descrição da infraestrutura existente. Isso envolve a apresentação da Estação Integrada (EI) e das pistas experimentais, com informações específicas sobre o Pavimento de Concreto Betuminoso Espesso (PCBE) e o Pavimento de Concreto Continuamente Armado (PCCA). Posteriormente, são descritos os sistemas utilizados na pesquisa, incluindo detalhes sobre os sistemas S1, S3 e S4. Cada sistema é apresentado separadamente, fornecendo informações relevantes sobre suas características e funcionalidades.

No Capítulo 3, os procedimentos de coleta de dados para a análise do desempenho dos sistemas são explicados em detalhes. Essa seção aborda os métodos utilizados para coletar os dados necessários para avaliar o desempenho dos sistemas de pesagem em movimento.

No Capítulo 4, são fornecidos detalhes específicos sobre como os dados foram registrados para cada sistema. As subseções correspondentes aos sistemas S1, S3 e S4 apresentam informações relevantes sobre o processo de registro dos dados em cada caso.

No Capítulo 5, é realizada a análise de desempenho dos sistemas, abordando diferentes aspectos. São definidos os pesos de referência para a análise, discutidos os erros observados nas amostras coletadas e realizada a verificação de desempenho em função dos documentos de referência.

O Capítulo 6, de forma sucinta, apresenta uma análise geral e a discussão dos resultados. E por fim, no Capítulo 7, são prestadas as considerações finais.



## 2. Sítio de Pesquisas de Pesagem em Movimento

O presente projeto contempla a utilização de um sítio de pesquisas de tecnologias de pesagem em movimento no município de Araranguá/SC, alocado entre os quilômetros 415 e 418 da rodovia BR-101 (sentido sul), representado na Figura 1, onde são realizados os estudos e pesquisas aplicadas visando à modernização da fiscalização e à monitoração rodoviária com equipamentos de pesagem em alta velocidade. Desde 2007, são realizadas pesquisas para o desenvolvimento tecnológico de sistemas de pesagem no sítio de Araranguá/SC. Estes estudos ocorreram por meio de termos de cooperação firmados entre o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), responsável pelo trecho antes da concessão, e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), representada pelo Laboratório de Transportes e Logística (LabTrans), tendo a Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU) como gestora administrativa e financeira na execução destes projetos. No decorrer dos anos de pesquisa, foram implantados sistemas *High Speed Weigh in Motion* (HS-WIM) de diversas empresas, nacionais e internacionais, no sítio supracitado, no qual foram executados trechos projetados especialmente para o suporte desses sistemas.

Figura 1 – Vista aérea do sítio de pesquisa de tecnologias HS-WIM em Araranguá/SC



Fonte: FAPEU (2024)

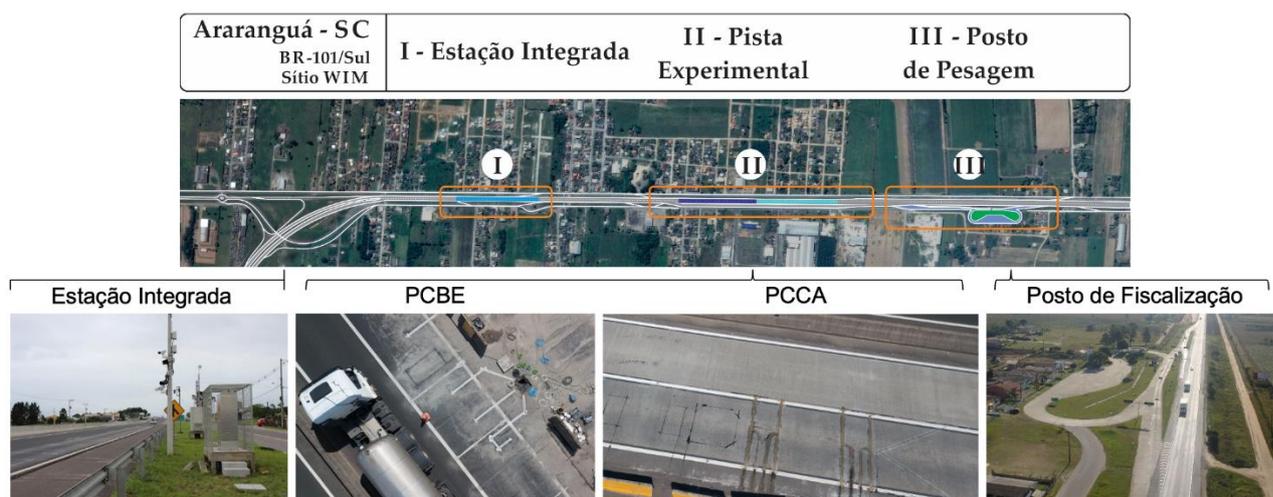
## 2.1. Apresentação da infraestrutura existente

Os projetos realizados em Araranguá/SC, anteriormente à concessão do trecho, incluíram a instalação de uma infraestrutura especializada para pesquisas no local. Neste contexto, foi implantada uma pista experimental composta por dois trechos de pavimentação para HS-WIM: um trecho em Pavimento de Concreto Continuamente Armado (PCCA) – sendo, inclusive, o primeiro de seu tipo a ser implantado no Brasil em uma rodovia de alto fluxo –, e um trecho em Pavimento de Concreto Betuminoso Espesso (PCBE). Ademais, o sítio de pesquisa também conta com uma Estação Integrada (EI), dotada de pavimentação betuminosa espessa adaptada para HS-WIM. Esses três segmentos se encontram instrumentados com sensores de diferentes tipos para a realização de pesquisas sobre a pesagem em movimento em alta velocidade.

Além disso, todos os sistemas HS-WIM do sítio de pesquisa em questão estão alocados à montante de um Posto de Pesagem Veicular (PPV) existente no local, munido de balança de precisão em baixa velocidade, o que permite verificar a exatidão das aferições de peso dos veículos passantes, servindo como referência para a avaliação do desempenho dos sistemas HS-WIM com veículos da própria frota local. Tal fato, junto à sua localização privilegiada em uma rodovia federal de alto fluxo, confere ao sítio de pesquisa de Araranguá/SC destaque mundial, fazendo com que a capacidade de coleta de dados dos sistemas seja significativa, além de garantir confiabilidade aos testes dos sistemas.

A Figura 2 apresenta a localização da EI, da Pista Experimental (composta pelos trechos em PCBE e PCCA), e do PPV.

Figura 2 – Sítio de Pesquisa de HS-WIM de Araranguá/SC e seus componentes



Fonte: FAPEU (2024)

Os tópicos seguintes discorrem sobre os trechos que compõem a Pista Experimental, suas particularidades e os sistemas que contêm.

### 2.1.1. Estação Integrada

Em 2012, foi construída a EI, um trecho do sítio de pesquisas de Araranguá/SC com pavimentação betuminosa espessa adaptada para HS-WIM, com o objetivo de testar sistemas comerciais de pesagem em alta velocidade para a finalidade de pré-seleção de veículos e integração de dados entre os sistemas WIM com outros sistemas de *Intelligent Transportation Systems* (ITS). Estes sistemas comerciais são compostos por tecnologias disponíveis no mercado para monitoramento do tráfego, como contagem, classificação, pré-seleção etc. A Figura 3 apresenta a vista aérea da EI.

Figura 3 – Vista aérea da Estação Integrada (EI)



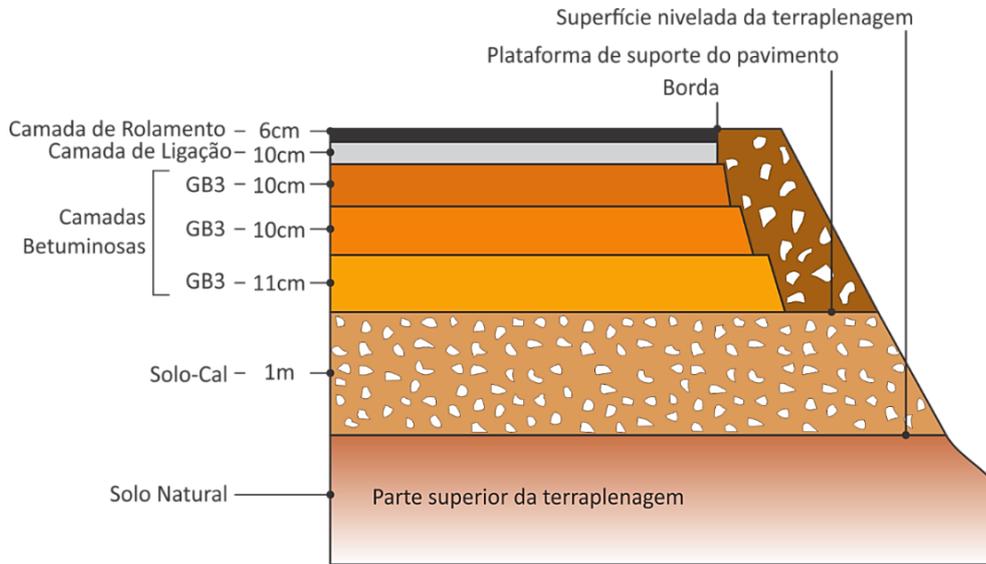
Fonte: FAPEU (2024)

Por meio da EI, houve a comprovação de que os sistemas HS-WIM comerciais testados, com o pavimento adaptado, apresentavam desempenho suficiente de acordo com a norma COST 323 (COST, 1999) para a pré-seleção de veículos para a pesagem em rodovias brasileiras.

### 2.1.2. Pista Experimental: PCBE

O trecho composto por PCBE foi dimensionado segundo a metodologia francesa, ilustrada na Figura 4, visando à fiscalização direta. O PCBE é uma das soluções de estudo de sistemas de pesagem em diferentes concepções de estruturas de pavimentos, com a pista em questão contando com 120 metros de extensão e 47 centímetros de espessura de concreto asfáltico, com um subleito reforçado de um metro de espessura da camada de solo estabilizado com cal. Tais condições de estrutura e geometria atendem aos critérios definidos na “Classe I – Excelente” da especificação europeia COST 323 (COST Project, 1999), estabelecida para os sistemas HS-WIM.

Figura 4 – Estrutura do PCBE dimensionado de acordo com a metodologia francesa

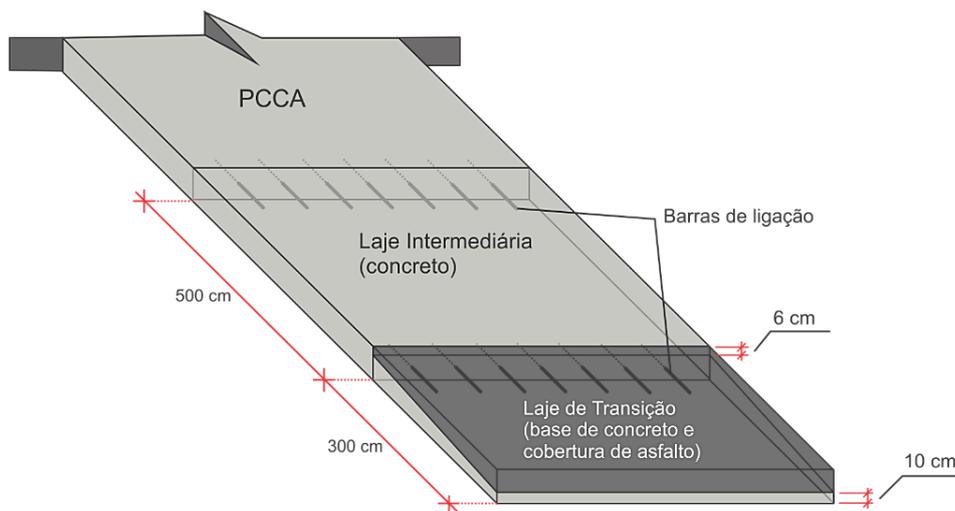


Fonte: FAPEU (2024)

### 2.1.3. Pista Experimental: PCCA

Neste trecho, foi implementado o PCCA, ilustrado na Figura 5. Este tipo de pavimento é caracterizado pela presença de uma alta taxa de armadura longitudinal, localizada na parte superior da placa, propiciando uma placa de concreto sem juntas de dilatação. No pavimento de concreto simples, é observada uma indução da fissuração, fenômeno que não ocorre no PCCA, em que as fissuras ocorrem de maneira aleatória, mas são contidas pela armadura longitudinal, garantindo, assim, uma estrutura de alta durabilidade, demandando baixa frequência de manutenção.

Figura 5 – Estrutura em PCCA



Fonte: FAPEU (2024)

## 2.2. Apresentação dos sistemas

Conforme apontado anteriormente, o sítio de pesquisas de pesagem em movimento de Araranguá/SC obteve destaque mundial, atraindo, portanto, investimentos de variadas empresas que desejaram testar suas tecnologias e sistemas HS-WIM no local. Neste produto, serão abordados exclusivamente os sistemas S1, S3 e S4, bem como seus respectivos desempenhos. Na análise realizada no Produto 6(I), foram utilizados os sistemas S1, S2 e S3, onde foi mencionado que sistema S2 apresentou inconsistência no registro dos eventos, coletando aproximadamente metade das passagens dos veículos de referência; com o passar do tempo, essas inconsistências se tornaram maiores, em que se inviabilizou a utilização desse sistema. Foi selecionado um outro sistema já instalado anteriormente para a análise, chamado de S4, que será apresentado no parágrafo 2.2.3.

### 2.2.1. Sistema S1

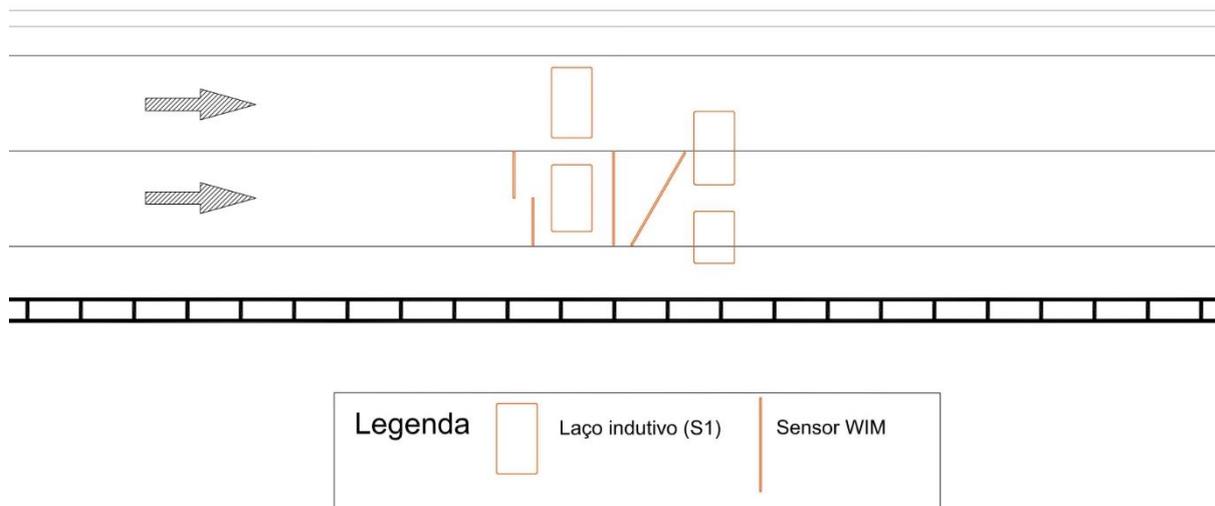
O sistema S1, alocado no trecho em PCBE do sítio de pesquisas, exposto na Figura 6, é composto por laços indutivos e sensores HS-WIM, dispostos de acordo com a Figura 7. Trata-se do sistema mais recente a ser instalado no sítio de pesquisas, em novembro de 2022.

Figura 6 – Sistema S1 *in loco*



Fonte: FAPEU (2024)

Figura 7 – Estrutura do sistema S1

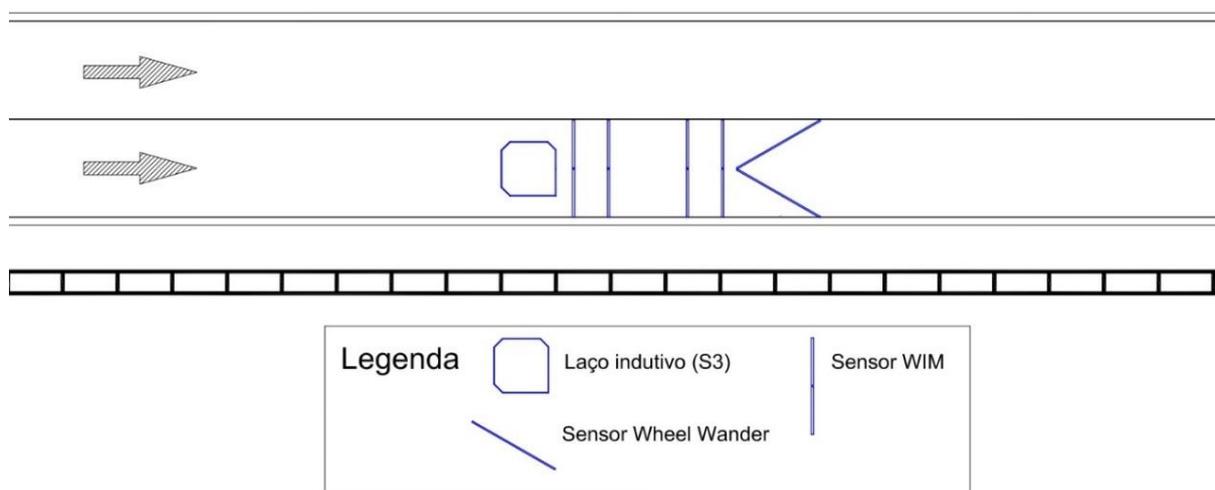


Fonte: FAPEU (2024)

2.2.2. Sistema S3

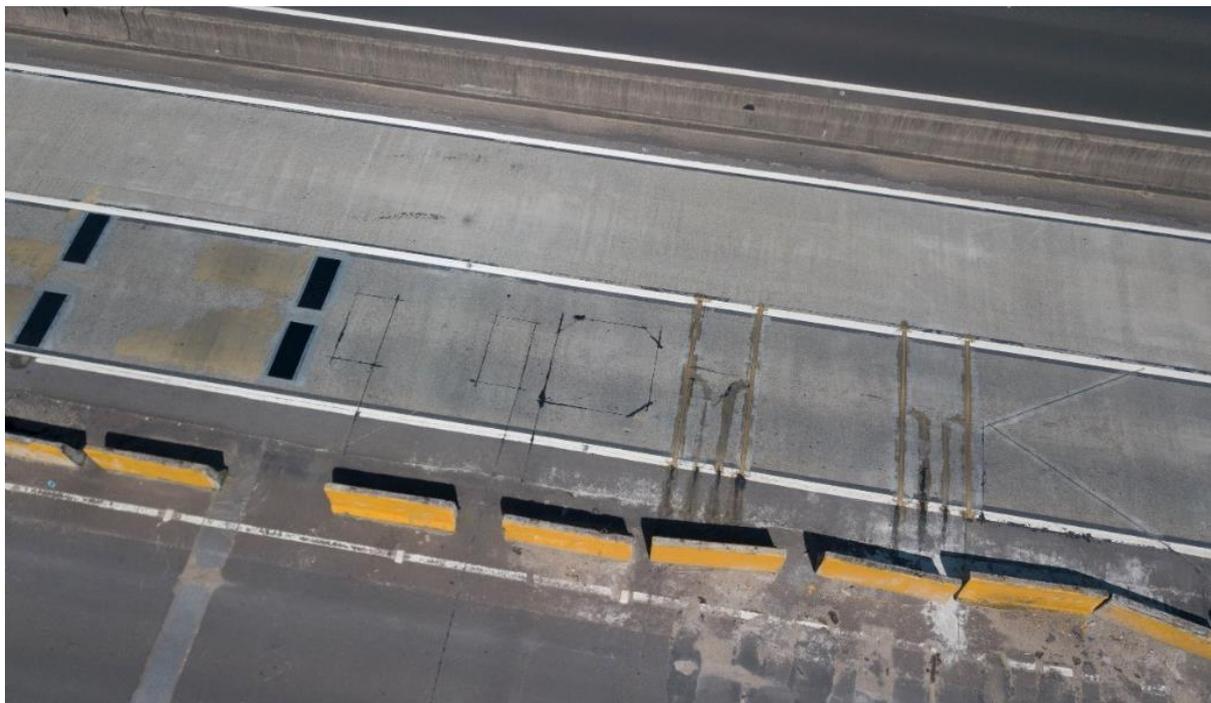
O sistema S3, localizado no trecho em PCCA, apresentado na Figura 8 e na Figura 9, é composto por laços indutivos, sensores HS-WIM e sensores *Wheel Wander*. Instalado em novembro de 2018, o sistema está operando há cinco anos.

Figura 8 – Estrutura do sistema S3



Fonte: FAPEU (2024)

Figura 9 – Imagem aérea do sistema S3



Fonte: FAPEU (2024)

### 2.2.3. Sistema S4

O sistema S4, situado no trecho da Estação Integrada, é composto por laços indutivos e sensores HS-WIM, conforme demonstrado pela Figura 10. Sua instalação no sítio de pesquisas ocorreu em novembro de 2017, estando em operação há seis anos.

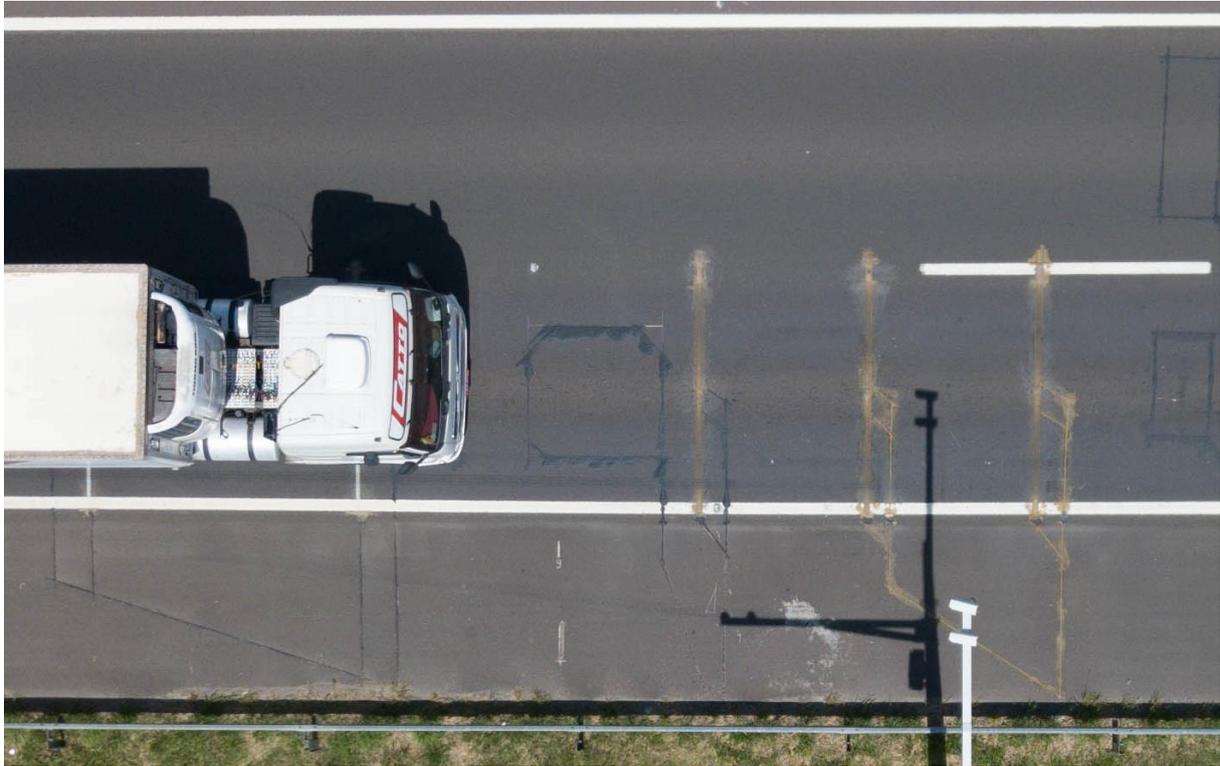
Figura 10 – Estrutura do sistema S4



Fonte: FAPEU (2024)

A Figura 11 exibe uma imagem aérea do sistema S4, na qual é possível visualizar as tecnologias que compõem o sistema.

Figura 11 – Imagem aérea do sistema S4



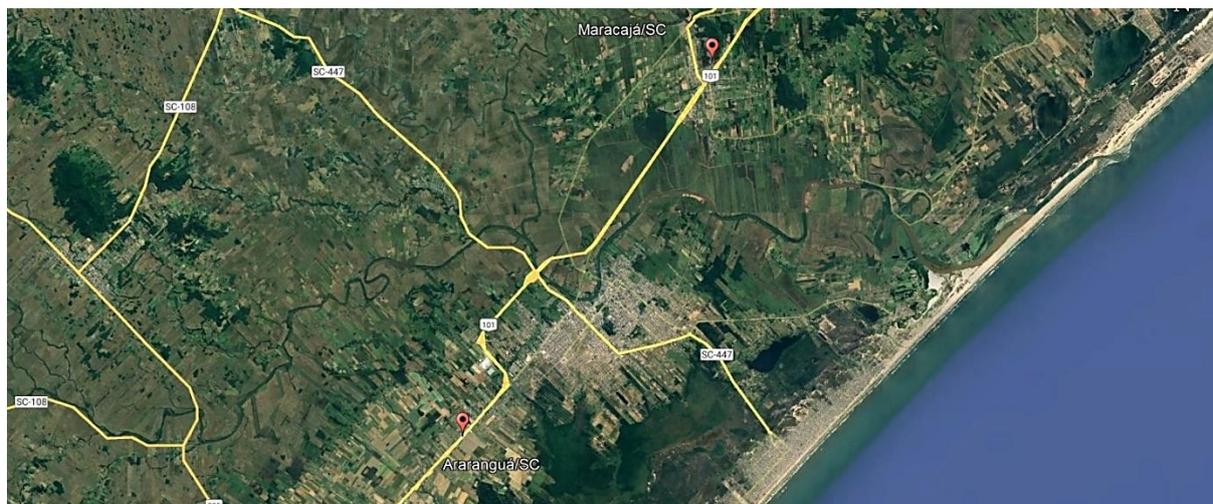
Fonte: FAPEU (2024)

### 3.Procedimentos de Coleta de Dados para a Análise do Desempenho dos Sistemas

Para que sejam realizadas as análises necessárias para a validação dos sistemas *High Speed Weight-in-Motion* (HS-WIM), estando esses localizados, instalados e dispostos conforme especificado anteriormente, faz-se necessária a realização da coleta de dados dos sistemas. As coletas são imprescindíveis para a calibração dos sistemas, bem como para a avaliação de seus resultados. Na etapa da calibração, são utilizados valores de referência (sejam valores médios da frota de Veículos Passantes ou Valores Conhecidos) para obter o Coeficiente de Calibração (CC) dos equipamentos. Já na etapa de avaliação dos sistemas, os valores de referência são comparados aos resultados obtidos, como forma de verificação da precisão desses.

Os pesos de referência foram obtidos a partir da relação entre a pesagem estática, obtida na balança da empresa Cedro Engenharia e Mineração, localizada em Maracajá/SC, município vizinho de Araranguá/SC, e a pesagem de referência dos Veículos Conhecidos, realizada no Posto de Pesagem Veicular localizado no próprio sítio de pesquisas de Araranguá, no quilômetro 418 da BR-101 (sentido sul). A Figura 12 mostra as localizações dos municípios citados.

Figura 12 – Localizações dos pontos de pesagem



Fonte: FAPEU (2024)

Na coleta de dados de Veículos Conhecidos, foram fretados caminhões com as configurações que representam as principais classes do fluxo local: 3C, 2S3 e 3S3. Esses caminhões foram carregados com materiais sólidos, cuja massa apresentasse pouca variação com as condições climáticas, como a umidade do ar. O peso do carregamento foi previamente definido, próximo do Peso Bruto Total (PBT) máximo permitido para cada classe, e devidamente distribuído entre os eixos. Uma vez carregados e acompanhados por uma equipe técnica da pesquisa, os veículos passaram por uma série de eventos controlados. Nesses, foram realizadas dezenas de passagens com velocidade e aceleração controladas e em posições da pista sobre os sistemas HS-WIM instalados.

Os itens que seguem apresentam os eventos realizados para coleta de dados de pesagem, incluindo o procedimento realizado, as datas das coletas, bem como os totais de registros obtidos em cada evento.

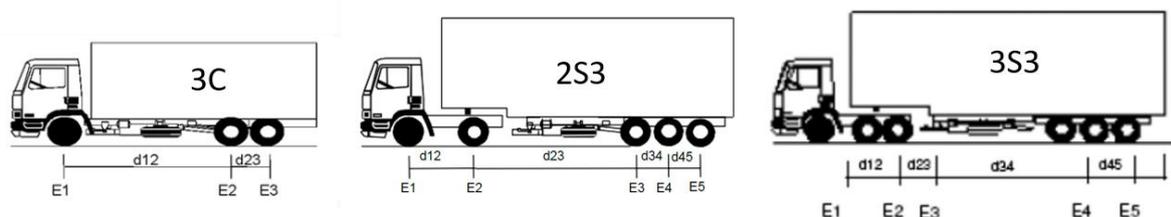
### 3.1. Coletas com veículos de referência

A coleta de dados com veículos de referência, conforme mencionado anteriormente, possibilita um maior controle e repetibilidade das condições que os veículos passam sobre os sistemas HS-WIM. Estes eventos são realizados em períodos pré-definidos, tendo em vista a necessidade da contratação de caminhões e de acompanhamento por parte da equipe técnica em campo. Os testes também possuem uma programação de passadas pré-determinada, de forma a garantir que o número de passadas e as condições sejam atendidas para a coleta de dados.

#### 3.1.1. Procedimento

Primeiramente, são selecionados os veículos utilizados como referência. Esses veículos devem ser selecionados de forma a representar a maior parte dos caminhões que passam pelo local em circunstâncias reais, levando em consideração as classes e os tipos de eixos que as compõem. No âmbito do sítio de pesquisas de Araranguá/SC, as classes que melhor representam os veículos da frota são as classes 3C, 2S3 e 3S3, apresentadas na Figura 13.

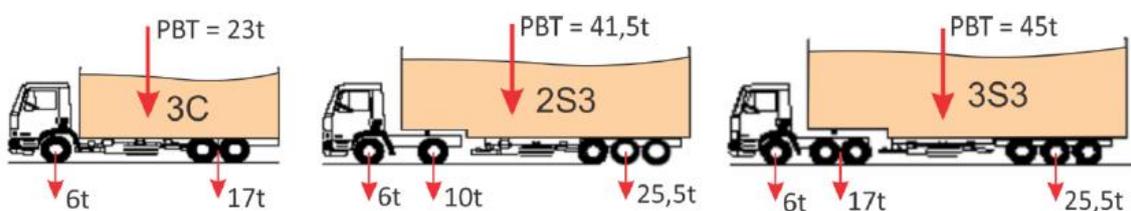
Figura 13 – Classes selecionadas para a coleta de dados nos sistemas de Araranguá/SC



Fonte: FAPEU (2024)

Para a calibração e avaliação dos sistemas HS-WIM, cada caminhão é carregado com seu peso de referência, respeitando o PBT limite para cada classe. No caso das classes selecionadas, portanto, o PBT (tara + lotação) resultante é de 23 toneladas para o caminhão de classe 3C, 41,5 toneladas para o caminhão de classe 2S3 e 45 toneladas para o de classe 3S3. Além disso, os pesos dos eixos também devem ser controlados, de modo que cada grupo fique com o peso resultante proporcional ao limite por grupo de eixo. A Figura 14 expõe os valores de PBT e os limites de peso por grupo de eixos carregados.

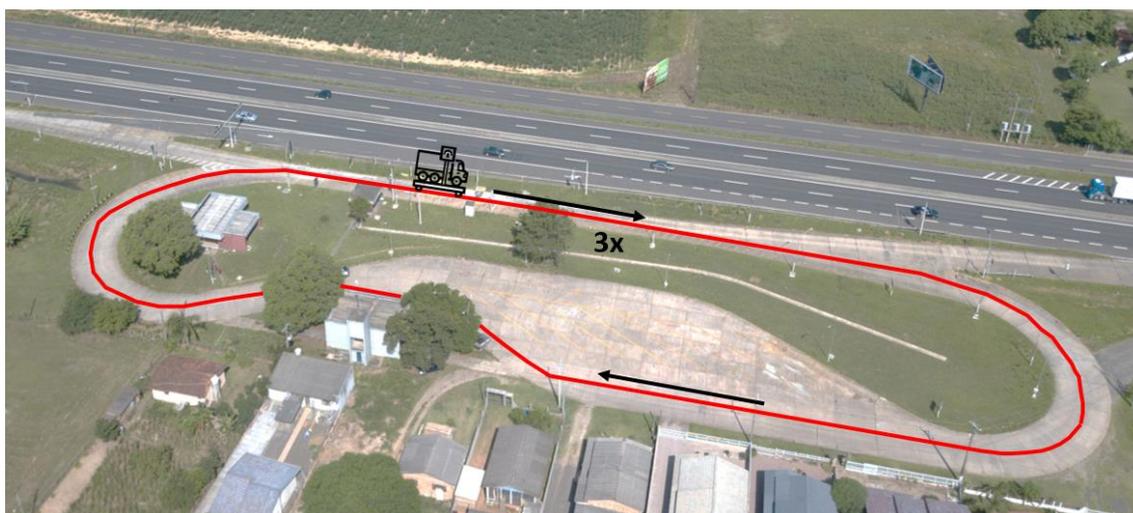
Figura 14 – Carregamento limite das classes selecionadas para coleta de dados



Fonte: FAPEU (2024)

Uma vez carregados os veículos, o próximo passo consiste em realizar pesagens de referência, para aferir o peso de acordo com a balança de precisão. Porém, por mais que a balança opere em baixa velocidade e apresente erros menores que os dos sistemas de alta velocidade, essa também está sujeita a erros aleatórios. Por essa razão, as pesagens para coleta de pesos de referência são repetidas, no mínimo, três vezes por aferição. Esta pesagem de referência, portanto, é realizada dando voltas na pista interna do PPV, com velocidade controlada de 5 km/h, conforme esquematizado na Figura 15.

Figura 15 – Trajeto para pesagem de referência com veículos conhecidos



Fonte: FAPEU (2024)

Além das pesagens de referência, na balança do PPV, também são realizadas pesagens em balanças estáticas para a aferição e o controle dos pesos obtidos para referência. Essas balanças podem ser estáticas de plataforma ou o próprio equipamento do PPV, configurado para operação em modo estático. Também deve-se aferir as dimensões dos veículos, de modo a serem verificados outros parâmetros, por exemplo, a distância entre os eixos.

Uma vez carregados e tendo seus pesos de referência aferidos, os veículos passam a executar uma série de passagens sobre os sistemas HS-WIM. Essas passagens são pré-programadas e realizadas em condições controladas de velocidade e posição em pista.

Nesse sentido, os veículos realizam, no mínimo, o seguinte número de passadas sobre os sistemas:

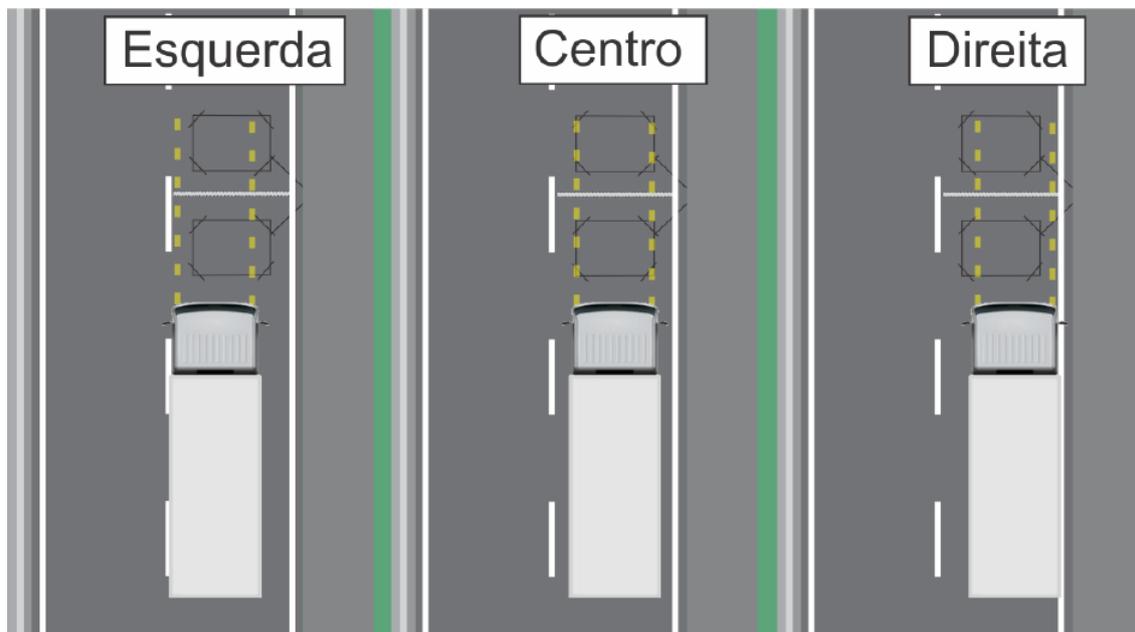
- Dez passagens a 50 km/h à esquerda da pista.
- Dez passagens a 50 km/h no centro da pista.
- Dez passagens a 50 km/h à direita da pista.
- Dez passagens a 70 km/h à esquerda da pista.
- Dez passagens a 70 km/h no centro da pista.
- Dez passagens a 70 km/h à direita da pista.
- Dez passagens a 90 km/h à esquerda da pista.
- Dez passagens a 90 km/h no centro da pista.
- Dez passagens a 90 km/h à direita da pista.

Em um cenário ideal, as passadas em cada condição são realizadas em sequência, de forma a manter as condições do sistema constantes e para que as passadas representem múltiplas aferições nas mesmas condições, possibilitando diferenciar erros aleatórios daqueles causados pelas variáveis do ambiente. No entanto, o tempo necessário para realizar as passadas (cada volta leva, em média, 14 minutos para ser completada), além da presença de outros veículos entre aqueles escolhidos para a coleta, fazem com que seja necessário, em alguns casos, dividir as passadas em determinadas condições em blocos distintos.

Outro detalhe a ser observado é a oscilação da posição do veículo dentro da pista. Isso porque a pista de tráfego possui largura maior do que a largura dos veículos, propiciando a variação significativa do local em que as rodas passam sobre o sistema. Essa variabilidade pode resultar em uma possível fonte de erro no sistema, caso exista algum problema nos próprios sensores, ou ainda, na sua instalação, alterando o resultado em relação à localização da passada das rodas. Por esse motivo, para a calibração e para a avaliação do sistema, são testadas as suas duas extremidades e a posição central, de forma a simular a variabilidade do tráfego.

A Figura 16 especifica as três posições laterais de teste: nas posições da esquerda e da direita, as rodas laterais do caminhão devem estar localizadas na extremidade da pista, porém sem passar sobre a faixa de sinalização; já na posição central, o caminhão deve andar centralizado na pista.

Figura 16 – Posições de passagem dos caminhões nos sensores



Fonte: FAPEU (2024)

Conforme supracitado, uma passada sobre o sistema leva, em média, 14 minutos para ser realizada. Esse tempo se deve à localização do sítio de pesquisas em uma rodovia duplicada e de grande fluxo, que possui acessos e retornos controlados, fazendo-se necessário que os veículos percorram uma determinada distância até encontrar dois retornos que permitam fazer a volta pelos sistemas HS-WIM – distância essa que deve ser suficiente para que os caminhões atinjam os sistemas com a velocidade e nas condições especificadas. O trajeto percorrido pelos veículos em Araranguá/SC encontra-se ilustrado na Figura 17, assim como as posições das estações HS-WIM.

Figura 17 – Trajeto para as passadas pelos sistemas HS-WIM em Araranguá/SC



Fonte: FAPEU (2024)

Tendo as condições de passada sobre os sensores especificados, faz-se necessário acompanhar e verificar se os caminhões estavam passando pelos sistemas nas condições corretas. Isso porque os condutores de caminhões não costumam dirigir com a sua posição lateral em pista controlada, podendo ocorrer erros nesse aspecto. Além disso, mesmo que os condutores trafeguem nas condições especificadas, a dinâmica do caminhão em trânsito e a interação com outros veículos da rodovia é algo que não se tem controle pleno, podendo afetar as condições de velocidade e posição lateral no momento da passada pelos sistemas, sobretudo tendo em vista que as passadas são realizadas com o fluxo usual da rodovia, devendo a segurança ser priorizada. Nesse sentido, o acompanhamento das passadas é

essencial para que, no tratamento de dados, sejam tratados os registros nos quais houveram problemas no controle das condições.

O técnico responsável por realizar este acompanhamento deve estar localizado às margens da rodovia, nos pontos em que os sistemas estão instalados, sendo responsável por preencher uma ficha de acompanhamento, ilustrada na Figura 18.

**Figura 18 – Ficha de acompanhamento da coleta de dados com veículos conhecidos**

Ficha de observação de calibração dos sistemas HSWIM				
Observador:				
Data:	/ /	Classes:		Local:
Velocidade:	km/h	Posição:		Carga:
Volta	Hora da passagem	Posição OK?	Comboio?	Observações
1	: :			
2	: :			
3	: :			
4	: :			
5	: :			
6	: :			
7	: :			
8	: :			
9	: :			
10	: :			

Fonte: FAPEU (2024)

Levando em consideração o tempo de cada passagem dos veículos sobre os sistemas HS-WIM, aliado ao fato de que são necessárias dezenas de passagens, dividiu-se a coleta em blocos de cinco e dez passagens, dentre os quais realiza-se um intervalo de 30 minutos para que os condutores possam descansar, aspecto que favorece a segurança da operação.

Nesse sentido, foi elaborada uma programação de referência de quatro dias para a realização da coleta de dados. Para cada turno (matutino e vespertino), previu-se a realização de dois blocos de passadas, um com dez e outro com cinco, divididos por um intervalo. Ainda, no início e no final de cada turno, foram realizadas pesagens de referência para o acompanhamento dos pesos de referência. Além disso, cabe ressaltar que o primeiro turno do primeiro dia de coleta foi utilizado para instrução dos condutores sobre as passadas, as cargas, a pesagem de referência e o deslocamento dos caminhões, assim como o último turno do quarto dia, para

repetições de blocos ou passadas que não saíram conforme o planejado, além do deslocamento, da pesagem de referência e da descarga dos caminhões.

As programações de referência para as passadas do primeiro, segundo, terceiro e quarto dia são expostas no Quadro 1, Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4, respectivamente.

Quadro 1 – Programação do primeiro dia de coleta de dados com veículos conhecidos

Turno	Atividade	Velocidade	Posição	Passagem	Volta	Duração	Horário estimado	
1º dia, manhã	Deslocamentos, carregar, pesagem de referência. Apresentação da atividade para os motoristas e volta <i>dry run</i> .							
<b>Almoço</b>								
1º dia, tarde	Coleta de dados	50 km/h	Esquerda	1	1	00:14	13:00	
				2	2	00:14	13:14	
				3	3	00:14	13:28	
				4	4	00:14	13:42	
				5	5	00:14	13:56	
	Coleta de dados	50 km/h	Centro	6	1	00:14	14:10	
				7	2	00:14	14:24	
				8	3	00:14	14:38	
				9	4	00:14	14:52	
				10	5	00:14	15:06	
	<b>Intervalo</b>						<b>00:30</b>	<b>15:20</b>
	Coleta de dados	50 km/h	Direita	11	1	00:14	15:50	
				12	2	00:14	16:04	
				13	3	00:14	16:18	
				14	4	00:14	16:32	
15				5	00:14	16:46		

Fonte: FAPEU (2024)

**Quadro 2 – Programação do segundo dia de coleta de dados com veículos conhecidos**

Turno	Atividade	Velocidade	Posição	Passagem	Volta	Duração	Horário estimado	
2º dia, manhã	Coleta de dados	90 km/h	Esquerda	16	1	00:14	04:00	
				17	2	00:14	04:14	
				18	3	00:14	04:28	
				19	4	00:14	04:42	
				20	5	00:14	04:56	
	Coleta de dados	90 km/h	Centro	21	1	00:14	05:10	
				22	2	00:14	05:24	
				23	3	00:14	05:38	
				24	4	00:14	05:52	
				25	5	00:14	06:06	
	<b>Intervalo</b>						<b>00:30</b>	<b>06:20</b>
	Coleta de dados	90 km/h	Direita	26	1	00:14	06:50	
				27	2	00:14	07:04	
				28	3	00:14	07:18	
				29	4	00:14	07:32	
30				5	00:14	07:46		
<b>Almoço</b>								
2º dia, tarde	Coleta de dados	70 km/h	Esquerda	31	1	00:14	09:00	
				32	2	00:14	09:14	
				33	3	00:14	09:28	
				34	4	00:14	09:42	
				35	5	00:14	09:56	
	Coleta de dados	70 km/h	Centro	36	1	00:14	10:10	
				37	2	00:14	10:24	
				38	3	00:14	10:38	
				39	4	00:14	10:52	
				40	5	00:14	11:06	
	<b>Intervalo</b>						<b>00:30</b>	<b>11:20</b>
	Coleta de dados	70 km/h	Direita	41	1	00:14	11:50	
				42	2	00:14	12:04	
				43	3	00:14	12:18	
				44	4	00:14	12:32	
45				5	00:14	12:46		

Fonte: FAPEU (2024)

Quadro 3 – Programação do terceiro dia de coleta de dados com veículos conhecidos

Turno	Atividade	Velocidade	Posição	Passagem	Volta	Duração	Horário estimado	
3º dia, manhã	Calibração	90 km/h	Esquerda	46	1	00:14	04:00	
				47	2	00:14	04:14	
				48	3	00:14	04:28	
				49	4	00:14	04:42	
				50	5	00:14	04:56	
	Calibração	90 km/h	Centro	51	1	00:14	05:10	
				52	2	00:14	05:24	
				53	3	00:14	05:38	
				54	4	00:14	05:52	
				55	5	00:14	06:06	
	<b>Intervalo</b>						<b>00:30</b>	<b>06:20</b>
	Calibração	90 km/h	Direita	56	1	00:14	06:50	
				57	2	00:14	07:04	
				58	3	00:14	07:18	
				59	4	00:14	07:32	
60				5	00:14	07:46		
<b>Almoço</b>								
3º dia, tarde	Calibração	70 km/h	Esquerda	61	1	00:14	09:00	
				62	2	00:14	09:14	
				63	3	00:14	09:28	
				64	4	00:14	09:42	
				65	5	00:14	09:56	
	Calibração	70 km/h	Centro	66	1	00:14	10:10	
				67	2	00:14	10:24	
				68	3	00:14	10:38	
				69	4	00:14	10:52	
				70	5	00:14	11:06	
	<b>Intervalo</b>						<b>00:30</b>	<b>11:20</b>
	Calibração	70 km/h	Direita	71	1	00:14	11:50	
				72	2	00:14	12:04	
				73	3	00:14	12:18	
				74	4	00:14	12:32	
75				5	00:14	12:46		

Fonte: FAPEU (2024)

**Quadro 4 – Programação do quarto dia de coleta de dados com veículos conhecidos**

Turno	Atividade	Velocidade	Posição	Passagem	Volta	Duração	Horário estimado	
4º dia, manhã	Calibração	50 km/h	Esquerda	76	1	00:14	08:00	
				77	2	00:14	08:14	
				78	3	00:14	08:28	
				79	4	00:14	08:42	
				80	5	00:14	08:56	
	Calibração	50 km/h	Centro	81	1	00:14	09:10	
				82	2	00:14	09:24	
				83	3	00:14	09:38	
				84	4	00:14	09:52	
				85	5	00:14	10:06	
	<b>Intervalo</b>						<b>00:30</b>	<b>10:20</b>
	Calibração	50 km/h	Direita	86	1	00:14	10:50	
				87	2	00:14	11:04	
				88	3	00:14	11:18	
				89	4	00:14	11:32	
90				5	00:14	11:46		
<b>Almoço</b>								
4º dia, tarde	Deslocamentos, pesagem de referência, descarregar.							

Fonte: FAPEU (2024)

Dessa forma, em dezembro de 2023, foi realizado o evento para a coleta de dados com veículos conhecidos, adotando a programação supracitada.

### 3.1.2. Coleta de dados com veículos conhecidos

No período compreendido entre os dias 4 e 7 de dezembro de 2023, foi realizado o evento de coleta de dados com veículos conhecidos, de acordo com o protocolo definido acima. Este evento de coleta tinha por objetivo a obtenção de dados para realizar uma avaliação do desempenho dos sistemas e, ainda, permitir a calibração desses, visando à continuidade da operação. A Figura 19 apresenta os três veículos selecionados para a calibração e coleta de dados.

Figura 19 – Veículos 3C, 2S3 e 3S3 utilizados para a coleta de dados em dezembro de 2023



Fonte: FAPEU (2024)

Após carregados, os veículos foram pesados em uma balança estática. Para isso, utilizou-se a balança de plataforma da empresa Cedro Engenharia e Mineração (Lat. 28°51'33.6"S e Long. 49°26'41.8"), situada no município de Maracajá/SC, próximo de Araranguá/SC. A Figura 20 apresenta a balança utilizada nesta etapa e o Quadro 5 expõe os resultados da pesagem estática.

Figura 20 – Balança da plataforma Cedro Engenharia e Mineração, em Maracajá/SC



Fonte: FAPEU (2024)

Quadro 5 – Resultados da pesagem estática na balança de plataforma

Balança	Classe	PBT (kg)
Bendo Alimentos	3C	20.897
	2S3	37.503
	3S3	40.850

Fonte: FAPEU (2024)

Juntamente aos valores coletados na balança estática, foram também considerados os valores coletados nas pesagens em baixa velocidade, no PPV, para obtenção dos pesos de referência dos veículos. As pesagens de referência foram realizadas no primeiro dia da coleta, no Posto de Fiscalização da CCR, localizado na rodovia BR-101, no sítio de pesquisas de Araranguá/SC, e contemplaram também a pesagem por eixos. A Figura 21 apresenta a balança do PPV utilizada nesta etapa.

Figura 21 – Balança do PPV em Araranguá/SC



Fonte: FAPEU (2024)

Os pesos obtidos pela balança do PPV são fornecidos por grupo de eixo. Nas classes selecionadas, os grupos são divididos da seguinte forma:

- Classe 3C:
  - Grupo 1: Eixo 1 (direcional).
  - Grupo 2: Eixos 2 e 3.
- Classe 2S3:
  - Grupo 1: Eixo 1 (direcional).

- Grupo 2: Eixo 2.
- Grupo 3: Eixos 3, 4 e 5.
- Classe 3S3:
  - Grupo 1: Eixo 1 (direcional).
  - Grupo 2: Eixos 2 e 3.
  - Grupo 3: Eixos 4, 5 e 6.

No total, foram realizadas três pesagens de referência por veículo, a partir das quais foram obtidos os valores médios, expostos no Quadro 6, adotados como valores de referência do PPV.

Quadro 6 – Resultados da pesagem na balança do PPV em dezembro de 2023

Passagem	Classe	PBT (kg)	E1	E2	E3	E4	E5	E6
1	3C	20560	4690	8800	7070	-	-	-
	2S3	36970	5360	9200	6460	8190	7760	-
	3S3	40120	5010	8280	5690	6350	7510	7280
2	3C	20250	4680	8570	7000	-	-	-
	2S3	36980	5200	9220	6580	8030	7950	-
	3S3	40160	5020	8260	5590	6410	7630	7250
3	3C	20410	4670	8680	7060	-	-	-
	2S3	36680	5240	9220	6480	7970	7770	-
	3S3	40160	5030	8270	5620	6390	7600	7250

Fonte: FAPEU (2024)

Tendo os pesos de referência e os pesos por eixo em mãos, deu-se início à coleta de dados. Ao todo, ao longo do evento, foram realizadas 93 passagens dos veículos sobre os sistemas HS-WIM, buscando realizar a programação proposta no item 3.1.1. O número total de passagens proposto pela programação foi cumprido, no entanto, em algumas condições específicas foram realizadas passagens extras, enquanto, em outras conjunturas, menos passagens.

## 4.Registro dos Dados

Neste capítulo, são apresentados os registros de pesagens referentes às informações de peso e velocidade das passadas dos veículos de teste, coletados pelos diferentes sistemas de pesagem comerciais durante a realização dos testes. A apresentação dos dados coletados por cada sistema pode variar segundo o protocolo de comunicação. Os sistemas podem coletar as mesmas informações que são necessárias para a identificação do veículo (placa), sua classificação (número de eixos, distância entre eixos e diferenciação de rodado duplo e simples), a pesagem (peso bruto total, peso por eixo e peso por grupo de eixos) e as circunstâncias da passada (como velocidade, temperatura do pavimento e posição lateral).

Durante o período de testes, todos os veículos que passam sobre os sistemas de pesagem são identificados e as informações coletadas são registrados no banco de dados interno do sistema. A identificação dos veículos de testes foi feita pela placa veicular ou de forma manual nos sistemas que não contam com câmeras de Leitura Automática de Placas Veiculares (LAP). No caso dos sistemas S1, S3 e S4, a identificação dos veículos foi pelo número da placa. A Figura 22 apresenta um exemplo do registro de dados coletado dos veículos da frota.

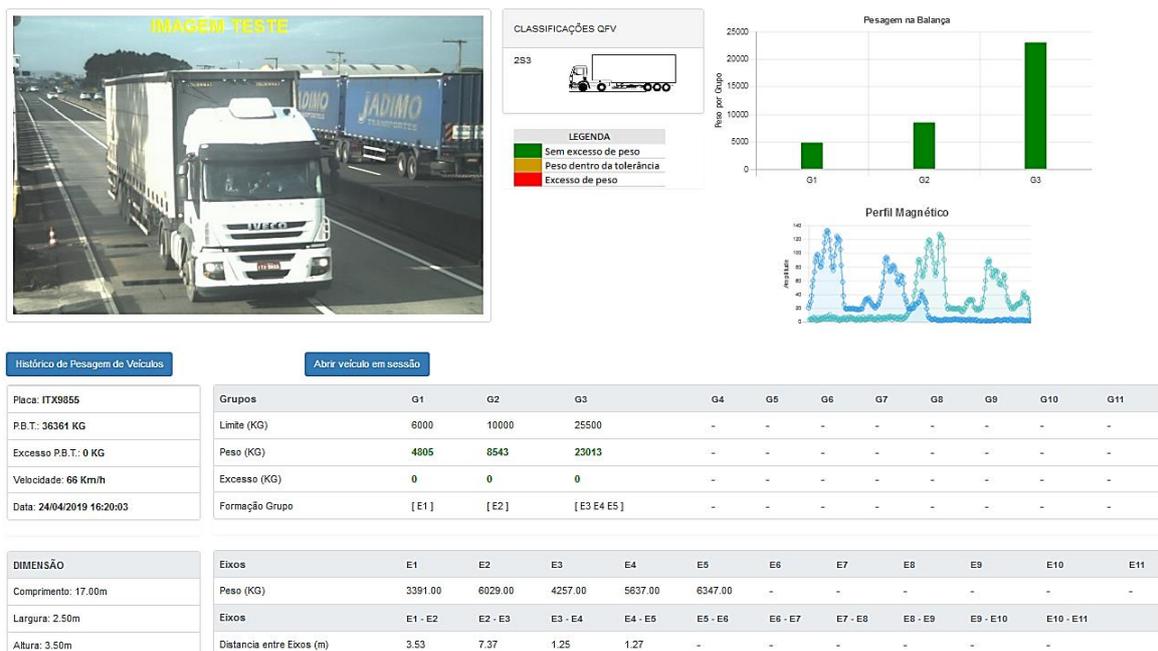
Figura 22 – Exemplo do registro de dados coletados pelos sistemas comerciais

Detail	Sensor	Time	Pictogram	Registration plate ILPC	Image	Registration plate - back ILPC - back	Image - back	ADR Image	Total weight	Speed	Trailer	Axle count
🔍	AR-UR-W1	2023-05-24 10:55:37		MGC3965		MGC3965			1017 kg	92 km/h		2
🔍	AR-UR-W1	2023-05-24 10:55:22		JAK8H16		JAL2H91			50136 kg	75 km/h	Trailer	6
🔍	AR-UR-W1	2023-05-24 10:55:03		MHG2C13		MHG2C13			1660 kg	67 km/h		2
🔍	AR-UR-W1	2023-05-24 10:54:58		LZB1617		N/A			18202 kg	56 km/h		3
🔍	AR-UR-W1	2023-05-24 10:54:54		MIC8965		N/A			28977 kg	72 km/h		3

Fonte: FAPEU (2024)

A coleta de dados dos sistemas comerciais acontece automaticamente por meio do uso dos equipamentos que detectam e identificam o veículo alvo. Os dados são automaticamente registrados pelos sistemas e podem ser tratados para análise. A solução tecnológica adotada e a integração dos equipamentos para o registro de informações que são integradas pode variar para cada sistema. A Figura 23 apresenta um exemplo de registro de dados detalhados para um determinado evento, que configura a passagem de um veículo qualquer.

Figura 23 – Exemplo do registro de dados detalhados para um determinado evento



Fonte: FAPEU (2024)

Na sequência, são expostos os dados coletados que serão utilizados na análise de desempenho no Capítulo 5. Os dados de apresentação consistem em: data e a hora de coleta, a velocidade (em quilômetros por hora), o peso bruto total, o peso por grupo de eixos e o peso por eixo (em quilogramas).

#### 4.1. Sistema S1

A seguir, são exibidos os dados coletados do Sistema S1, os quais foram organizados por quadros de classes dos veículos analisados. O Quadro 7 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), peso por grupos de eixos (G1 e G2), peso por eixos individuais (E1, E2 e E3) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S1 para o veículo de classe 3C.

**Quadro 7 – Dados coletados dos veículos conhecidos da classe 3C do Sistema S1**

<b>Data/hora</b>	<b>Velocidade</b>	<b>PBT</b>	<b>G1</b>	<b>G2</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
2023-12-04 13:55:17	52	20117	4456	15661	4456	8319	7342
2023-12-04 14:11:21	51	21052	4777	16275	4777	8836	7439
2023-12-04 14:26:36	53	20819	4661	16158	4661	8819	7339
2023-12-04 14:42:02	51	21117	4738	16379	4738	8874	7505
2023-12-04 14:58:50	52	20877	4756	16121	4756	8714	7407
2023-12-04 15:17:47	51	21344	4713	16631	4713	9032	7599
2023-12-04 15:33:00	52	21350	4684	16666	4684	9094	7572
2023-12-04 15:48:17	52	21445	4744	16701	4744	9152	7549
2023-12-04 16:03:43	48	21071	4769	16302	4769	9039	7263
2023-12-04 16:19:45	53	21578	4742	16836	4742	9077	7759
2023-12-04 16:34:34	52	21380	4703	16677	4703	9161	7516
2023-12-04 16:49:52	52	21732	4753	16979	4753	9249	7730
2023-12-04 17:05:08	51	20176	4528	15648	4528	8466	7182
2023-12-04 17:19:46	55	19499	4586	14913	4586	7783	7130
2023-12-04 17:37:30	55	20660	4782	15878	4782	8260	7618
2023-12-04 17:52:36	55	20947	4703	16244	4703	8652	7592
2023-12-05 04:29:17	89	19946	4356	15590	4356	8654	6936
2023-12-05 04:46:07	82	19655	5281	14374	5281	7940	6434
2023-12-05 05:01:06	82	21106	4689	16417	4689	8975	7442
2023-12-05 05:15:11	66	20728	4631	16097	4631	9076	7021
2023-12-05 05:35:45	91	20368	4572	15796	4572	8851	6945
2023-12-05 05:49:51	88	20937	4686	16251	4686	9005	7246
2023-12-05 06:16:47	65	21262	4905	16357	4905	9306	7051
2023-12-05 06:31:15	49	21395	4745	16650	4745	9090	7560
2023-12-05 06:46:07	76	21702	4788	16914	4788	9248	7666
2023-12-05 07:00:34	75	21397	4636	16761	4636	9144	7617
2023-12-05 07:24:30	86	21266	4762	16504	4762	9169	7335
2023-12-05 07:38:53	67	21143	4744	16399	4744	9118	7281
2023-12-05 07:52:50	64	20235	4846	15389	4846	8728	6661
2023-12-05 08:07:38	68	21539	4860	16679	4860	9281	7398
2023-12-05 08:21:24	62	19934	4973	14961	4973	8390	6571
2023-12-05 13:46:25	74	20821	4686	16135	4686	8938	7197
2023-12-05 14:00:10	72	21256	4636	16620	4636	9117	7503
2023-12-05 14:14:13	71	20865	4589	16276	4589	9024	7252
2023-12-05 14:28:00	69	21146	4772	16374	4772	9167	7207
2023-12-05 14:41:24	72	21555	4831	16724	4831	9095	7629
2023-12-05 14:55:07	72	21475	4677	16798	4677	9172	7626
2023-12-05 15:09:01	69	21338	4653	16685	4653	9176	7509
2023-12-05 15:22:26	71	21455	4628	16827	4628	9195	7632

Data/hora	Velocidade	PBT	G1	G2	E1	E2	E3
2023-12-05 15:35:46	73	21345	4834	16511	4834	9026	7485
2023-12-05 15:49:31	71	21405	4654	16751	4654	9118	7633
2023-12-05 16:10:04	63	20357	4797	15560	4797	8652	6908
2023-12-05 16:26:34	69	19739	4528	15211	4528	8526	6685
2023-12-05 16:40:29	71	20760	4766	15994	4766	8745	7249
2023-12-05 16:56:30	73	20909	4773	16136	4773	8962	7174
2023-12-05 17:10:06	71	20851	4731	16120	4731	8938	7182

Fonte: FAPEU (2024)

O Quadro 8 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), de peso por grupos de eixos (G1, G2 e G3), de peso por eixos individuais (E1, E2, E3, E4 e E5) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S1 para o veículo de classe 2S3.

Quadro 8 – Dados coletados dos veículos conhecidos da classe 2S3 do Sistema S1

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5
2023-12-04 14:11:26	50	37953	5467	9422	23064	5467	9422	6578	8576	7910
2023-12-04 14:26:44	49	37052	5288	9398	22366	5288	9398	6589	8323	7454
2023-12-04 14:42:09	48	37900	5477	9476	22947	5477	9476	6734	8476	7737
2023-12-04 14:58:54	52	38683	5318	9890	23475	5318	9890	6698	8787	7990
2023-12-04 15:17:52	50	38474	5513	9776	23185	5513	9776	6695	8600	7890
2023-12-04 15:33:03	50	37826	5333	9622	22871	5333	9622	6587	8386	7898
2023-12-04 15:48:20	52	38844	5304	10084	23456	5304	10084	6703	8682	8071
2023-12-04 16:03:46	51	39057	5367	10106	23584	5367	10106	6603	8760	8221
2023-12-04 16:19:51	51	38807	5294	10041	23472	5294	10041	6691	8725	8056
2023-12-04 16:34:36	51	37943	5275	9720	22948	5275	9720	6573	8400	7975
2023-12-04 16:49:57	51	38339	5283	9806	23250	5283	9806	6608	8657	7985
2023-12-04 17:05:15	47	37766	5575	9356	22835	5575	9356	6909	8361	7565
2023-12-04 17:19:50	52	38848	5309	10108	23431	5309	10108	6574	8705	8152
2023-12-04 17:37:34	53	38834	5289	10057	23488	5289	10057	6474	8726	8288
2023-12-04 17:52:40	51	38598	5297	9812	23489	5297	9812	6680	8833	7976
2023-12-05 04:28:48	88	36888	5126	9349	22413	5126	9349	6553	8052	7808
2023-12-05 04:45:44	70	39060	5651	9868	23541	5651	9868	6876	8613	8052
2023-12-05 05:00:51	70	37710	5629	9802	22279	5629	9802	6532	8246	7501
2023-12-05 05:14:32	92	38050	5385	9658	23007	5385	9658	6665	8371	7971
2023-12-05 05:35:35	83	37554	5534	9301	22719	5534	9301	6543	8249	7927
2023-12-05 05:49:13	90	38224	5421	9911	22892	5421	9911	6613	8428	7851
2023-12-05 06:15:57	91	39336	5463	9967	23906	5463	9967	6846	8794	8266
2023-12-05 06:30:51	62	38391	5237	9917	23237	5237	9917	6806	8406	8025
2023-12-05 06:45:41	78	39297	5634	9929	23734	5634	9929	6810	8732	8192

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5
2023-12-05 07:00:23	70	39120	5534	10041	23545	5534	10041	6864	8731	7950
2023-12-05 07:23:58	93	38990	5583	10027	23380	5583	10027	6842	8499	8039
2023-12-05 07:38:20	56	37630	5375	9611	22644	5375	9611	6136	8024	8484
2023-12-05 07:52:46	59	37735	5487	9662	22586	5487	9662	6627	8113	7846
2023-12-05 08:07:34	69	38979	5567	10039	23373	5567	10039	6909	8487	7977
2023-12-05 08:21:15	60	37786	5517	9590	22679	5517	9590	6602	7906	8171
2023-12-05 13:46:14	68	37686	5414	9603	22669	5414	9603	6732	8513	7424
2023-12-05 14:00:03	70	38838	5566	9748	23524	5566	9748	6759	8759	8006
2023-12-05 14:14:04	69	38580	5531	9753	23296	5531	9753	6768	8780	7748
2023-12-05 14:27:42	72	37983	5397	9624	22962	5397	9624	6611	8486	7865
2023-12-05 14:41:19	63	36959	5487	9464	22008	5487	9464	6596	7846	7566
2023-12-05 14:55:02	69	38286	5548	9677	23061	5548	9677	6791	8597	7673
2023-12-05 15:08:56	70	39285	5478	9815	23992	5478	9815	6873	9033	8086
2023-12-05 15:22:18	73	38953	5532	9838	23583	5532	9838	6634	8654	8295
2023-12-05 15:35:34	72	39081	5530	9870	23681	5530	9870	6737	8731	8213
2023-12-05 15:49:19	70	39146	5550	9619	23977	5550	9619	6843	8887	8247
2023-12-05 16:09:51	65	38230	5632	9674	22924	5632	9674	6969	8380	7575
2023-12-05 16:26:30	64	37088	5539	9381	22168	5539	9381	6731	7992	7445
2023-12-05 16:40:17	71	38236	5633	9686	22917	5633	9686	6671	8299	7947
2023-12-05 16:56:24	66	38397	5607	9875	22915	5607	9875	7021	8348	7546
2023-12-05 17:09:56	72	38972	5690	9766	23516	5690	9766	6699	8839	7978

Fonte: FAPEU (2024)

O Quadro 9 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), de peso por grupos de eixos (G1, G2 e G3), peso por eixos individuais (E1, E2, E3, E4, E5 e E6) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S1 para o veículo de classe 3S3.

**Quadro 9 – Dados coletados dos veículos conhecidos da classe 3S3 do Sistema S1**

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2023-12-04 13:55:24	49	40666	5213	13970	21483	5213	8308	5662	6779	7812	6892
2023-12-04 14:11:30	49	40695	5103	13938	21654	5103	8401	5537	6752	7647	7255
2023-12-04 14:26:50	49	41279	5247	14049	21983	5247	8267	5782	6621	7983	7379
2023-12-04 14:42:14	49	41757	5178	14269	22310	5178	8447	5822	6903	7884	7523
2023-12-04 14:58:59	50	40548	5322	13843	21383	5322	8280	5563	6803	7559	7021
2023-12-04 15:17:57	50	41532	5157	14302	22073	5157	8643	5659	6725	7893	7455
2023-12-04 15:33:08	50	41596	5128	14378	22090	5128	8616	5762	6871	7730	7489
2023-12-04 15:48:28	49	41636	5155	14407	22074	5155	8578	5829	6944	7627	7503
2023-12-04 16:03:51	51	41462	5210	14421	21831	5210	8648	5773	6898	7734	7199
2023-12-04 16:19:55	49	41692	5234	14463	21995	5234	8686	5777	6827	7823	7345

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2023-12-04 16:34:42	50	41552	5235	14409	21908	5235	8628	5781	6937	7721	7250
2023-12-04 16:50:02	48	41529	5212	14184	22133	5212	8409	5775	6573	7845	7715
2023-12-04 17:05:17	48	40814	5133	13889	21792	5133	8335	5554	6806	7648	7338
2023-12-04 17:20:02	50	41325	5305	14256	21764	5305	8619	5637	6841	7610	7313
2023-12-04 17:37:39	49	41018	5197	13935	21886	5197	8198	5737	6921	7710	7255
2023-12-04 17:52:49	49	40340	5099	13612	21629	5099	8041	5571	6585	7601	7443
2023-12-05 04:28:56	86	41868	5429	14442	21997	5429	8424	6018	6789	7909	7299
2023-12-05 04:46:04	64	40683	5353	13993	21337	5353	8165	5828	6707	7312	7318
2023-12-05 05:00:55	82	41571	5462	14276	21833	5462	8373	5903	6829	7716	7288
2023-12-05 05:14:51	72	42003	5205	14418	22380	5205	8570	5848	7367	8079	6934
2023-12-05 05:35:38	88	41305	5269	14078	21958	5269	8247	5831	6834	7909	7215
2023-12-05 05:49:45	67	40740	4785	14526	21429	4785	8728	5798	7013	7504	6912
2023-12-05 06:16:34	75	41894	5439	14006	22449	5439	8336	5670	6939	8417	7093
2023-12-05 06:31:09	83	41776	5083	14667	22026	5083	8638	6029	6616	8076	7334
2023-12-05 06:46:04	82	42442	4966	14961	22515	4966	8935	6026	6945	8164	7406
2023-12-05 07:00:31	81	42324	4799	15046	22479	4799	9001	6045	6982	8072	7425
2023-12-05 07:24:25	86	41818	5463	14133	22222	5463	8198	5935	6710	8084	7428
2023-12-05 07:38:51	61	40597	5336	13871	21390	5336	8084	5787	6352	7213	7825
2023-12-05 07:52:48	61	41136	5444	14110	21582	5444	8099	6011	6336	7470	7776
2023-12-05 08:07:36	69	40689	5049	14297	21343	5049	8612	5685	7254	7427	6662
2023-12-05 08:21:18	59	40195	5256	13703	21236	5256	8095	5608	6017	7580	7639
2023-12-05 13:46:19	70	41784	5157	14549	22078	5157	8832	5717	7308	8093	6677
2023-12-05 14:00:08	70	41618	5079	14608	21931	5079	8788	5820	7172	8146	6613
2023-12-05 14:14:12	71	41563	5111	14464	21988	5111	8759	5705	7219	8061	6708
2023-12-05 14:27:57	70	40388	4915	14110	21363	4915	8504	5606	7287	7528	6548
2023-12-05 14:41:22	70	40979	5002	14460	21517	5002	8702	5758	7130	7986	6401
2023-12-05 14:55:05	71	41396	5098	14535	21763	5098	8697	5838	7337	7964	6462
2023-12-05 15:08:59	68	40722	5156	14264	21302	5156	8574	5690	7062	7481	6759
2023-12-05 15:22:24	70	41706	5322	14508	21876	5322	8586	5922	7405	7945	6526
2023-12-05 15:35:44	70	41279	5175	14532	21572	5175	8696	5836	7174	7701	6697
2023-12-05 15:49:28	69	40826	5105	14383	21338	5105	8752	5631	7246	7566	6526
2023-12-05 16:09:54	69	41017	5204	14302	21511	5204	8594	5708	7212	7774	6525
2023-12-05 16:26:33	67	39102	5085	13535	20482	5085	8139	5396	6849	7108	6525
2023-12-05 16:40:28	67	39366	5099	13630	20637	5099	8217	5413	6808	7242	6587
2023-12-05 16:56:28	68	39264	5012	13797	20455	5012	8372	5425	6958	7134	6363
2023-12-05 17:10:03	72	40664	5042	14069	21553	5042	8362	5707	7010	7935	6608

Fonte: FAPEU (2024)

## 4.2. Sistema S3

A seguir, são exibidos os dados coletados do Sistema S3, organizados por quadros de classes dos veículos analisados. O Quadro 10 apresenta os dados de velocidade, de Peso Bruto Total (PBT), peso por grupos de eixos (G1 e G2), de peso por eixos individuais (E1, E2 e E3) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S3 para o veículo de classe 3C.

**Quadro 10 – Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3C do Sistema S3**

Data/hora	Velocidade	PBT	G1	G2	E1	E2	E3
2023-12-04 13:55:31	45	21590	5110	16480	5110	9450	7030
2023-12-04 14:11:35	45	21450	4890	16560	4890	9320	7240
2023-12-04 14:26:49	47	21490	5170	16320	5170	9210	7110
2023-12-04 14:42:14	46	20940	4890	16050	4890	9170	6880
2023-12-04 14:59:04	47	21590	5240	16350	5240	9250	7100
2023-12-04 15:17:58	45	20560	4900	15660	4900	8810	6850
2023-12-04 15:33:12	48	21070	5150	15920	5150	9000	6920
2023-12-04 15:48:29	47	20820	4800	16020	4800	8990	7030
2023-12-04 16:03:55	46	21440	5190	16250	5190	9250	7000
2023-12-04 16:19:58	47	21450	5210	16240	5210	9210	7030
2023-12-04 16:34:46	47	21470	5140	16330	5140	9200	7130
2023-12-04 16:50:01	48	21250	5160	16090	5160	9320	6770
2023-12-04 17:05:22	45	21170	4920	16250	4920	9260	6990
2023-12-04 17:19:57	50	21160	5120	16040	5120	8920	7120
2023-12-04 17:37:42	49	20970	5200	15770	5200	8790	6980
2023-12-04 17:52:48	48	21390	4960	16430	4960	9410	7020
2023-12-05 04:29:24	80	20930	4970	15960	4970	8910	7050
2023-12-05 04:46:18	52	21090	5080	16010	5080	9110	6900
2023-12-05 05:01:11	53	20750	5080	15670	5080	8690	6980
2023-12-05 05:15:21	56	20640	4920	15720	4920	8760	6960
2023-12-05 05:35:53	83	21150	5090	16060	5090	8750	7310
2023-12-05 05:49:59	78	20560	4830	15730	4830	8640	7090
2023-12-05 06:16:57	60	21340	5130	16210	5130	9240	6970
2023-12-05 06:31:27	65	21060	4980	16080	4980	9040	7040
2023-12-05 06:46:16	70	20590	5010	15580	5010	8740	6840
2023-12-05 07:00:43	63	20940	4930	16010	4930	9200	6810
2023-12-05 07:24:37	77	20640	4970	15670	4970	8670	7000
2023-12-05 07:39:04	48	21200	5230	15970	5230	9080	6890
2023-12-05 07:53:02	48	20990	4840	16150	4840	8870	7280
2023-12-05 08:07:48	61	20930	5060	15870	5060	8700	7170
2023-12-05 08:21:35	50	21600	5150	16450	5150	9220	7230

Data/hora	Velocidade	PBT	G1	G2	E1	E2	E3
2023-12-05 13:46:34	67	21170	5060	16110	5060	9070	7040
2023-12-05 14:00:19	64	21600	5210	16390	5210	9350	7040
2023-12-05 14:14:23	56	21580	4960	16620	4960	9430	7190
2023-12-05 14:28:09	55	20820	4890	15930	4890	8710	7220
2023-12-05 14:41:34	58	20600	4970	15630	4970	8750	6880
2023-12-05 14:55:16	54	20850	5110	15740	5110	8910	6830
2023-12-05 15:09:12	52	21300	5180	16120	5180	8840	7280
2023-12-05 15:22:36	58	21410	5240	16170	5240	8930	7240
2023-12-05 15:35:55	60	21170	5040	16130	5040	8820	7310
2023-12-05 15:49:41	56	20910	4910	16000	4910	9140	6860
2023-12-05 16:10:16	48	21000	4980	16020	4980	9010	7010
2023-12-05 16:26:44	55	20830	5220	15610	5220	8710	6900
2023-12-05 16:40:38	56	21490	5070	16420	5070	9240	7180
2023-12-05 16:56:39	63	20690	4780	15910	4780	9180	6730
2023-12-05 17:10:15	65	21080	5070	16010	5070	8770	7240

Fonte: FAPEU (2024)

O Quadro 11 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), de peso por grupos de eixos (G1, G2 e G3), de pesos por eixos individuais (E1, E2, E3, E4 e E5) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S3 para o veículo de classe 2S3.

Quadro 11 – Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 2S3 do Sistema S3

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5
2023-12-04 13:55:34	45	37060	5660	9450	21950	5660	9450	6620	7790	7540
2023-12-04 14:11:41	44	38390	5780	9790	22820	5780	9790	6760	8020	8040
2023-12-04 14:26:59	46	38320	5480	9900	22940	5480	9900	6740	8240	7960
2023-12-04 14:42:20	47	38470	5950	9810	22710	5950	9810	6450	8170	8090
2023-12-04 14:59:07	48	37060	5860	9330	21870	5860	9330	6340	7920	7610
2023-12-04 15:18:03	45	38080	5630	9710	22740	5630	9710	6600	8330	7810
2023-12-04 15:33:16	46	36730	5540	9400	21790	5540	9400	6400	7780	7610
2023-12-04 15:48:32	48	37560	5720	9600	22240	5720	9600	6700	7970	7570
2023-12-04 16:03:57	45	37770	5590	9700	22480	5590	9700	6880	8130	7470
2023-12-04 16:20:04	46	37820	5700	9730	22390	5700	9730	6510	7900	7980
2023-12-04 16:34:48	46	38560	6010	9690	22860	6010	9690	6940	8060	7860
2023-12-04 16:50:08	46	37550	5850	9520	22180	5850	9520	6390	7820	7970
2023-12-04 17:05:30	42	38270	5770	9770	22730	5770	9770	6740	8250	7740
2023-12-04 17:20:02	46	37000	5800	9190	22010	5800	9190	6650	7670	7690
2023-12-04 17:37:46	48	36640	5630	9390	21620	5630	9390	6380	7690	7550
2023-12-04 17:52:54	46	37830	5470	9630	22730	5470	9630	6740	8010	7980

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5
2023-12-05 04:28:56	62	37840	5490	9880	22470	5490	9880	6800	7960	7710
2023-12-05 04:45:55	54	36960	5530	9560	21870	5530	9560	6400	7700	7770
2023-12-05 05:00:58	54	37900	5970	9380	22550	5970	9380	6500	8180	7870
2023-12-05 05:14:39	78	38320	5540	9880	22900	5540	9880	6920	8160	7820
2023-12-05 05:35:45	58	38300	6030	9690	22580	6030	9690	6830	7970	7780
2023-12-05 05:49:21	83	37390	5740	9470	22180	5740	9470	6700	7910	7570
2023-12-05 06:16:04	84	37320	5690	9650	21980	5690	9650	6420	7730	7830
2023-12-05 06:31:03	51	38570	5970	9930	22670	5970	9930	6850	8050	7770
2023-12-05 06:45:50	65	37870	5670	9280	22920	5670	9280	6720	8160	8040
2023-12-05 07:00:34	49	38330	5790	9850	22690	5790	9850	6660	7850	8180
2023-12-05 07:24:04	84	37920	5820	9740	22360	5820	9740	6670	8120	7570
2023-12-05 07:38:32	51	37460	5700	9640	22120	5700	9640	6640	7900	7580
2023-12-05 07:52:58	55	36940	5690	9340	21910	5690	9340	6470	7620	7820
2023-12-05 08:07:44	63	37670	5670	9750	22250	5670	9750	6600	7810	7840
2023-12-05 08:21:26	54	38730	5960	9660	23110	5960	9660	6700	8310	8100
2023-12-05 13:46:24	61	37030	5630	9670	21730	5630	9670	6460	7600	7670
2023-12-05 14:00:13	63	38220	5940	9610	22670	5940	9610	6790	7900	7980
2023-12-05 14:14:15	59	38050	5710	9560	22780	5710	9560	6700	8130	7950
2023-12-05 14:27:51	65	37410	5890	9720	21800	5890	9720	6450	7680	7670
2023-12-05 14:41:31	52	37320	5640	9380	22300	5640	9380	6570	7940	7790
2023-12-05 14:55:12	58	38280	5790	9820	22670	5790	9820	6640	8140	7890
2023-12-05 15:09:06	62	38720	5690	10120	22910	5690	10120	6970	7890	8050
2023-12-05 15:22:28	66	37220	5840	9460	21920	5840	9460	6580	7880	7460
2023-12-05 15:35:43	66	36800	5750	9530	21520	5750	9530	6420	7630	7470
2023-12-05 15:49:29	63	38190	5810	9900	22480	5810	9900	6780	7930	7770
2023-12-05 16:10:04	63	37950	5550	9590	22810	5550	9590	6870	7790	8150
2023-12-05 16:26:40	56	36660	5620	9270	21770	5620	9270	6480	7760	7530
2023-12-05 16:40:26	63	37950	5790	9440	22720	5790	9440	6900	8030	7790
2023-12-05 16:56:34	61	38580	5860	10010	22710	5860	10010	6820	8240	7650
2023-12-05 17:10:06	62	37850	5890	9800	22160	5890	9800	6810	7900	7450

Fonte: FAPEU (2024)

O Quadro 12 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), de peso por grupos de eixos (G1, G2 e G3), de peso por eixos individuais (E1, E2, E3, E4 e E5) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S3 para o veículo de classe 3S3.

Quadro 12 – Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3S3 do Sistema S3

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2023-12-04 13:55:39	46	42110	5540	14370	22200	5540	8480	5890	6850	7950	7400
2023-12-04 14:11:45	45	40430	5350	13860	21220	5350	8110	5750	6580	7600	7040
2023-12-04 14:27:05	45	41400	5450	14340	21610	5450	8350	5990	6740	7910	6960
2023-12-04 14:42:25	46	40740	5450	14250	21040	5450	8630	5620	6750	7480	6810
2023-12-04 14:59:14	47	39840	5250	13590	21000	5250	8000	5590	6470	7640	6890
2023-12-04 15:18:08	46	41010	5300	14090	21620	5300	8250	5840	6800	7640	7180
2023-12-04 15:33:21	47	41080	5210	14460	21410	5210	8640	5820	6530	7710	7170
2023-12-04 15:48:40	46	41080	5190	13950	21940	5190	8040	5910	6780	7810	7350
2023-12-04 16:04:02	47	41310	5290	14170	21850	5290	8490	5680	6850	7880	7120
2023-12-04 16:20:09	46	41150	5480	14000	21670	5480	8330	5670	6640	8000	7030
2023-12-04 16:34:55	46	41720	5590	14250	21880	5590	8350	5900	6800	8050	7030
2023-12-04 16:50:13	45	41390	5420	14470	21500	5420	8680	5790	6920	7650	6930
2023-12-04 17:05:32	43	41440	5620	14210	21610	5620	8290	5920	6630	7920	7060
2023-12-04 17:20:14	45	40120	5370	13820	20930	5370	8060	5760	6390	7470	7070
2023-12-04 17:37:52	46	41020	5650	13760	21610	5650	8030	5730	6710	7520	7380
2023-12-04 17:53:02	45	41650	5380	14300	21970	5380	8340	5960	6860	7940	7170
2023-12-05 04:29:04	77	41760	5230	14420	22110	5230	8410	6010	6750	8030	7330
2023-12-05 04:46:16	50	41890	5570	14400	21920	5570	8480	5920	6740	7930	7250
2023-12-05 05:01:03	51	41020	5330	14220	21470	5330	8430	5790	6650	7420	7400
2023-12-05 05:14:58	67	40860	5380	14320	21160	5380	8550	5770	6460	7720	6980
2023-12-05 05:35:48	60	40280	5240	14000	21040	5240	8410	5590	6400	7550	7090
2023-12-05 05:49:55	65	41930	5570	14140	22220	5570	8290	5850	6850	8100	7270
2023-12-05 06:16:44	59	40090	5230	13910	20950	5230	8140	5770	6610	7450	6890
2023-12-05 06:31:17	67	41020	5250	14360	21410	5250	8610	5750	6890	7550	6970
2023-12-05 06:46:13	72	41380	5320	14440	21620	5320	8660	5780	6610	7800	7210
2023-12-05 07:00:40	59	42160	5540	14690	21930	5540	8620	6070	6870	7830	7230
2023-12-05 07:24:33	64	41450	5480	14410	21560	5480	8510	5900	6690	7560	7310
2023-12-05 07:39:02	51	41000	5470	14160	21370	5470	8450	5710	6650	7830	6890
2023-12-05 07:53:00	51	41250	5310	13870	22070	5310	8250	5620	6940	8030	7100
2023-12-05 08:07:46	61	41320	5290	14360	21670	5290	8560	5800	6810	7740	7120
2023-12-05 08:21:29	49	41430	5480	14060	21890	5480	8510	5550	6720	7950	7220
2023-12-05 13:46:29	65	41160	5450	14130	21580	5450	8470	5660	6930	7580	7070
2023-12-05 14:00:18	65	41320	5530	14480	21310	5530	8630	5850	6810	7680	6820
2023-12-05 14:14:22	59	40700	5410	14110	21180	5410	8420	5690	6610	7550	7020
2023-12-05 14:28:07	60	40680	5350	13940	21390	5350	8290	5650	6620	7590	7180
2023-12-05 14:41:33	57	40860	5520	14240	21100	5520	8570	5670	6450	7590	7060
2023-12-05 14:55:15	62	41610	5300	14170	22140	5300	8290	5880	6890	7930	7320
2023-12-05 15:09:10	57	40890	5340	14220	21330	5340	8280	5940	6740	7650	6940
2023-12-05 15:22:35	63	40570	5400	14160	21010	5400	8440	5720	6530	7540	6940

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2023-12-05 15:35:54	59	41800	5350	14520	21930	5350	8740	5780	6890	7840	7200
2023-12-05 15:49:39	57	41670	5390	14370	21910	5390	8490	5880	6710	7800	7400
2023-12-05 16:10:06	58	41680	5370	14340	21970	5370	8790	5550	6680	8020	7270
2023-12-05 16:26:43	59	40840	5340	14290	21210	5340	8660	5630	6940	7450	6820
2023-12-05 16:40:37	62	40940	5480	14170	21290	5480	8270	5900	6560	7670	7060
2023-12-05 16:56:37	64	42050	5600	14460	21990	5600	8470	5990	6920	8020	7050
2023-12-05 17:10:13	68	40810	5380	13910	21520	5380	8390	5520	6730	7550	7240

Fonte: FAPEU (2023)

### 4.3. Sistema S4

A seguir, são exibidos os dados coletados do Sistema S4, organizados por quadros de classes dos veículos analisados. O Quadro 13 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), de peso por grupos de eixos (G1 e G2), de peso por eixos individuais (E1, E2 e E3) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S4 para o veículo de classe 3C.

Quadro 13 – Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3C do Sistema S4

Data/hora	Velocidade	PBT	G1	G2	E1	E2	E3
2023-12-05 05:35:09	82	19793	4363	15430	4363	9304	6126
2023-12-05 04:28:40	82	20039	4666	15373	4666	9255	6118
2023-12-05 05:14:23	68	20060	4652	15408	4652	9246	6162
2023-12-04 14:10:16	50	20100	4314	15786	4314	9504	6282
2023-12-05 06:30:32	79	20141	4387	15754	4387	9261	6493
2023-12-04 14:25:34	50	20208	4430	15778	4430	9471	6307
2023-12-04 14:40:59	46	20273	4434	15839	4434	9480	6359
2023-12-05 14:54:20	68	20307	4518	15789	4518	9475	6314
2023-12-05 06:59:50	82	20347	4872	15475	4872	9517	5958
2023-12-05 05:49:13	79	20355	4762	15593	4762	9610	5983
2023-12-05 14:40:38	68	20359	4763	15596	4763	9387	6209
2023-12-05 13:59:23	68	20381	4801	15580	4801	9308	6272
2023-12-05 06:16:07	82	20402	4906	15496	4906	9200	6296
2023-12-05 15:21:41	68	20433	4942	15491	4942	9219	6272
2023-12-05 14:27:11	72	20534	4790	15744	4790	9461	6283
2023-12-04 17:51:35	50	20671	4880	15791	4880	9516	6275
2023-12-04 16:18:42	50	20677	4537	16140	4537	9642	6498
2023-12-04 16:48:48	46	20701	4347	16354	4347	9826	6528
2023-12-05 14:13:24	68	20769	4826	15943	4826	9478	6465
2023-12-04 17:18:45	50	20795	5145	15650	5145	9426	6224
2023-12-05 13:45:41	72	20896	4823	16073	4823	9935	6138
2023-12-04 15:47:13	50	20994	4917	16077	4917	9882	6195

Data/hora	Velocidade	PBT	G1	G2	E1	E2	E3
2023-12-05 08:20:41	79	21059	4963	16096	4963	9663	6433
2023-12-04 17:04:01	46	21061	4444	16617	4444	9978	6639
2023-12-04 15:16:44	50	21064	4804	16260	4804	9668	6592
2023-12-05 07:23:52	79	21097	4984	16113	4984	9706	6407
2023-12-04 15:31:56	50	21104	4793	16311	4793	9814	6497
2023-12-05 04:45:28	75	21106	4708	16398	4708	10074	6324
2023-12-04 13:54:12	46	21119	4875	16244	4875	9844	6400
2023-12-05 06:45:23	79	21125	4578	16547	4578	9823	6724
2023-12-05 05:00:26	79	21133	4914	16219	4914	9616	6603
2023-12-05 15:48:45	68	21184	4611	16573	4611	9686	6887
2023-12-05 08:06:57	82	21226	4899	16327	4899	9893	6434
2023-12-05 16:09:15	68	21289	4639	16650	4639	9785	6865
2023-12-05 16:25:48	72	21408	4768	16640	4768	9915	6725
2023-12-04 16:02:40	46	21437	4820	16617	4820	9783	6834
2023-12-04 17:36:29	46	21438	4939	16499	4939	9938	6561
2023-12-05 07:52:08	82	21542	4909	16633	4909	9994	6639
2023-12-04 14:57:48	50	21657	4797	16860	4797	10391	6469
2023-12-05 16:39:42	64	21701	4737	16964	4737	10124	6840
2023-12-04 16:33:30	46	21730	4909	16821	4909	10099	6722
2023-12-05 15:08:15	68	21766	4848	16918	4848	10205	6713
2023-12-05 15:35:00	68	21883	4997	16886	4997	10052	6834

Fonte: FAPEU (2024)

O Quadro 14 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), de peso por grupos de eixos (G1, G2 e G3), de peso por eixos individuais (E1, E2, E3 e E4) e dados de cada passada (data e hora) pelo sistema S4 para o veículo classe 2S3.

Quadro 14 – Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 2S3 do Sistema S4

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5
2023-12-05 05:34:54	79	35635	5727	9194	20714	5727	9194	6462	7080	7172
2023-12-05 06:15:20	86	35695	5924	9312	20459	5924	9312	6314	7369	6776
2023-12-05 05:48:38	86	35824	6105	9177	20542	6105	9177	6236	6994	7312
2023-12-05 05:13:56	86	35844	5677	9151	21016	5677	9151	6450	7120	7446
2023-12-05 05:00:12	82	35937	6182	9182	20573	6182	9182	6227	7071	7275
2023-12-04 14:41:04	46	36264	5687	9891	20686	5687	9891	6471	7227	6988
2023-12-04 15:31:59	50	36286	5593	9518	21175	5593	9518	6471	7591	7113
2023-12-05 06:59:35	68	36299	5566	9359	21374	5566	9359	6586	7461	7327
2023-12-05 14:26:58	68	36346	6013	9166	21167	6013	9166	6465	7213	7489
2023-12-04 17:18:49	50	36676	5740	9752	21184	5740	9752	6697	7226	7261
2023-12-05 14:54:15	64	36848	5469	9615	21764	5469	9615	6720	7302	7742

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5
2023-12-05 14:40:30	68	36857	6098	9490	21269	6098	9490	6490	7347	7432
2023-12-05 15:34:48	68	36950	5364	9614	21972	5364	9614	6900	7595	7477
2023-12-05 15:08:09	64	36974	5955	9470	21549	5955	9470	6595	7524	7430
2023-12-04 15:47:16	46	37017	5853	9601	21563	5853	9601	6597	7406	7560
2023-12-04 15:16:48	46	37017	5511	9744	21762	5511	9744	6552	7446	7764
2023-12-04 14:10:21	46	37056	6436	9456	21164	6436	9456	6095	7654	7415
2023-12-05 14:13:17	68	37054	6002	9505	21547	6002	9505	6442	7371	7734
2023-12-04 16:33:34	46	37086	5974	9932	21180	5974	9932	6499	7306	7375
2023-12-04 14:57:52	46	37105	5717	10005	21383	5717	10005	6444	7210	7729
2023-12-05 07:23:22	82	37160	5487	9608	22065	5487	9608	6837	7405	7823
2023-12-04 17:51:38	46	37225	5901	9950	21374	5901	9950	6527	7348	7499
2023-12-04 17:04:06	43	37325	5863	9935	21527	5863	9935	6621	7289	7617
2023-12-05 08:20:26	64	37337	5637	9700	22000	5637	9700	6592	7992	7416
2023-12-05 06:30:08	86	37347	5747	9725	21875	5747	9725	6755	7629	7491
2023-12-04 16:18:47	46	37350	5844	9797	21709	5844	9797	6817	7740	7152
2023-12-05 06:45:01	86	37482	5924	9657	21901	5924	9657	6726	7505	7670
2023-12-05 04:45:01	79	37493	5842	9812	21839	5842	9812	6827	7465	7547
2023-12-05 16:39:31	68	37544	6131	9489	21924	6131	9489	6819	7079	8026
2023-12-05 07:52:00	79	37631	5875	9376	22380	5875	9376	6797	7899	7684
2023-12-05 08:06:48	75	37681	6096	9543	22042	6096	9543	6667	7672	7703
2023-12-05 13:59:16	64	37707	6241	9339	22127	6241	9339	6654	7608	7865
2023-12-05 13:45:26	64	37718	5536	9880	22302	5536	9880	6870	7711	7721
2023-12-05 16:09:03	64	37721	5670	9867	22184	5670	9867	6820	7574	7790
2023-12-04 14:25:39	46	37767	5936	10210	21621	5936	10210	6466	7940	7215
2023-12-05 16:55:37	64	37929	6265	9282	22382	6265	9282	6760	7681	7941
2023-12-05 07:37:27	54	37984	5915	9965	22104	5915	9965	6923	7539	7642
2023-12-05 17:09:11	68	38043	6111	9890	22042	6111	9890	6595	7680	7767
2023-12-04 16:48:52	43	38061	5933	10272	21856	5933	10272	6856	7447	7553
2023-12-05 04:28:11	82	38139	6184	10191	21764	6184	10191	6825	7193	7746
2023-12-05 16:25:40	64	38249	5545	9781	22923	5545	9781	6939	7985	7999
2023-12-04 13:54:16	46	38252	6588	9820	21844	6588	9820	6613	7695	7536
2023-12-05 15:21:34	68	38253	5803	10157	22293	5803	10157	6941	7651	7701
2023-12-05 15:48:31	68	38446	5699	9967	22780	5699	9967	6968	7862	7950
2023-12-05 16:39:31	68	38467	5837	10052	22578	5837	10052	6862	7704	8012
2023-12-05 17:09:11	68	38708	6034	10062	22612	6034	10062	6782	8065	7765

Fonte: FAPEU (2024)

O Quadro 15 apresenta os dados de velocidade, Peso Bruto Total (PBT), de peso por grupos de eixos (G1, G2 e G3), de peso por eixos individuais (E1, E2, E3 e E4) e dados de cada passada (data e hora), pelo sistema S4 para o veículo classe 3S3.

Quadro 15 – Dados coletados dos Veículos Conhecidos da classe 3S3 do Sistema S4

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2023-12-04 17:51:44	46	38337	4854	13785	19698	4854	8234	5551	6316	6912	6470
2023-12-04 17:18:57	46	38675	4622	13948	20105	4622	8335	5613	6300	7143	6662
2023-12-04 17:36:34	46	38848	4713	13995	20140	4713	8465	5530	6344	7028	6768
2023-12-05 08:06:54	86	38954	4838	14093	20023	4838	8816	5277	6152	7204	6667
2023-12-05 04:45:18	82	39148	4686	13964	20498	4686	8340	5624	6579	7152	6767
2023-12-05 13:59:20	68	39227	4725	14108	20394	4725	8670	5438	6375	7302	6717
2023-12-04 14:25:44	46	39237	4441	14226	20570	4441	8639	5587	6419	7077	7074
2023-12-05 06:15:51	86	39250	4406	14266	20578	4406	8542	5724	6474	7338	6766
2023-12-05 14:27:09	68	39408	4811	14121	20476	4811	8611	5510	6559	7055	6862
2023-12-05 05:14:08	82	39508	4661	14376	20471	4661	8884	5492	6627	6894	6950
2023-12-04 16:48:55	46	39760	4698	14541	20521	4698	8811	5730	6356	7206	6959
2023-12-05 08:20:32	86	39781	4966	14282	20533	4966	8483	5799	6554	6863	7116
2023-12-05 13:45:32	68	39784	4732	14470	20582	4732	8681	5789	6303	7132	7147
2023-12-05 05:35:02	86	39798	4576	14732	20490	4576	9045	5687	6320	7006	7164
2023-12-04 15:16:51	46	39826	4509	14357	20960	4509	8637	5720	6446	7402	7112
2023-12-05 07:37:59	61	39990	4818	14510	20662	4818	8913	5597	6779	7092	6791
2023-12-04 17:04:09	46	39993	4520	14549	20924	4520	8945	5604	6636	7338	6950
2023-12-05 07:23:48	82	40087	5289	14543	20255	5289	8743	5800	6749	7019	6487
2023-12-04 14:10:25	46	40124	4555	14433	21136	4555	8834	5599	6591	7223	7322
2023-12-05 16:39:41	68	40169	4977	14283	20909	4977	8790	5493	6694	7165	7050
2023-12-05 05:49:04	86	40203	4807	14737	20659	4807	8850	5887	6827	7161	6671
2023-12-05 05:00:19	86	40244	4815	14468	20961	4815	8696	5772	6434	7415	7112
2023-12-05 14:13:23	68	40301	4993	14212	21096	4993	8567	5645	6596	7458	7042
2023-12-04 13:54:20	46	40356	4450	14639	21267	4450	9097	5542	6770	7545	6952
2023-12-05 06:30:28	82	40426	4644	14752	21030	4644	8808	5944	6676	7422	6932
2023-12-04 16:33:37	46	40454	4909	14772	20773	4909	8850	5922	6282	7396	7095
2023-12-04 14:57:55	50	40464	4937	14783	20744	4937	8919	5864	6439	7142	7163
2023-12-05 06:45:20	82	40585	4711	14819	21055	4711	9021	5798	6630	7352	7073
2023-12-05 06:59:46	75	40684	4397	15105	21182	4397	9181	5924	6827	7362	6993
2023-12-05 04:28:19	86	40698	4952	14805	20941	4952	9092	5713	6464	7595	6882
2023-12-04 16:02:46	46	40699	5026	15027	20646	5026	9051	5976	6468	7054	7124
2023-12-04 16:18:50	46	40731	4914	14937	20880	4914	9036	5901	6216	7585	7079
2023-12-05 07:52:04	86	40888	4818	15146	20924	4818	9213	5933	6802	7201	6921
2023-12-05 14:54:18	68	40993	4739	14755	21499	4739	8664	6091	6833	7672	6994
2023-12-05 15:34:58	68	40998	5041	14957	21000	5041	8760	6197	6817	7083	7100

Data/hora	Vel.	PBT	G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
2023-12-04 15:32:03	46	41108	4909	15482	20717	4909	9366	6116	6488	7372	6857
2023-12-05 15:21:38	68	41163	4628	14831	21704	4628	9021	5810	6887	7603	7214
2023-12-05 14:40:35	68	41205	4881	14607	21717	4881	9045	5562	6672	7676	7369
2023-12-05 16:25:45	68	41222	4853	15194	21175	4853	8852	6342	6774	7671	6730
2023-12-04 15:47:22	50	41297	4771	15455	21071	4771	9252	6203	6404	7497	7170
2023-12-05 15:48:40	68	41337	4729	15371	21237	4729	9231	6140	6636	7463	7138
2023-12-04 14:41:07	46	41451	4940	15067	21444	4940	9095	5972	6632	7412	7400
2023-12-05 15:08:12	68	41645	5005	14880	21760	5005	9181	5699	7074	7296	7390
2023-12-05 16:09:06	68	42085	5025	15465	21595	5025	9163	6302	6905	7492	7198

Fonte: FAPEU (2024)



## 5. Análise de Desempenho dos Sistemas

Os pesos obtidos com os três sistemas comerciais analisados foram comparados com os valores de referência dos Veículos Conhecidos, com a finalidade de avaliar o desempenho dos sistemas instalados no que tange a sua capacidade de estimar os pesos reais dos Veículos Passantes. O primeiro passo neste processo de análise consiste na definição dos pesos de referência a serem adotados, processo que, por sua vez, deve levar em consideração os erros apresentados pelas balanças de precisão utilizadas na consideração dos seus resultados. Com os pesos de referência definidos, são calculados os erros percentuais para cada registro de pesagem apresentado por cada sistema comercial. Para cada registro, são analisados: o erro na medição do Peso Bruto Total (PBT), o erro na medição dos pesos de cada grupo (que pode ser composto por um eixo isolado ou por um conjunto de eixos próximos) e o erro na medição dos pesos dos eixos individuais.

A medição dos pesos dos eixos individuais que compõem grupos de eixos é realizada para propósitos de pesquisa e exploração, uma vez que a carga aplicada pelos eixos de forma individual, quando o veículo se encontra em movimento e sujeito às ações dinâmicas, se mistura e se distribui entre os eixos do grupo, tornando mais complexa a divisão de peso entre cada eixo. Para aplicações práticas de fiscalização, os limites de peso legais são aplicados somente aos grupos de eixos, não sendo avaliados os pesos dos eixos que compõem cada grupo.

Uma vez calculados todos os erros para os registros de pesagem, inicia-se a etapa de análise de desempenho do sistema. Nessa etapa, é verificada a distribuição estatística dos valores de erro percentuais apresentados para cada tipo de medição (PBT, grupos de eixos, eixos isolados ou eixos individuais). A partir desta distribuição, são aplicados os critérios para três metodologias de análise diferentes, baseadas em normas e recomendações nacionais e internacionais. Primeiramente, são comparados os erros máximos apresentados pelos sistemas, com os limites para erro máximo admissível estando estabelecidos no Regulamento Técnico Metrológico da Portaria nº 19, de 12 de janeiro de 2022 (Brasil, 2022) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), atualmente vigente no país. Os erros máximos também são comparados com os limites da recomendação R 134-1 (OIML, 2006) da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML). Além da verificação dos erros máximos, também se aplica o procedimento estabelecido na especificação de referência COST 323 (COST Project, 1999), documento internacional de referência elaborado

para embasar a criação de normativas para a avaliação de desempenho de sistemas *High Speed Weigh In Motion* (HS-WIM). O procedimento da COST 323 não consiste apenas na comparação dos erros máximos, mas sim na aplicação de um tratamento estatístico da amostra de erros coletados para verificar o nível de confiança estatístico dos resultados apresentados pelo sistema.

Além da comparação com as metodologias de análise, também são realizadas análises exploratórias da correlação dos erros da amostra com a velocidade dos veículos e com a data e hora da coleta, visando identificar problemas no processo de coleta de dados ou variabilidade nos resultados apresentados em função da velocidade ou do horário.

### **5.1. Definição dos pesos de referência**

Para obtenção dos pesos reais dos veículos utilizados como referência, é necessário que sejam utilizados dispositivos de pesagem mais precisos do que os HS-WIM, e sejam realizadas pesagens repetitivas dos caminhões sobre esses sistemas, adotando-se o valor médio como uma tentativa de reduzir a influência de erros aleatórios da balança na estimativa dos pesos reais. As duas balanças utilizadas para a obtenção dos pesos de referência, apresentadas anteriormente, são a balança de baixa velocidade do Posto de Pesagem Veicular (PPV) de Araranguá/SC e a balança estática de plataforma da empresa Cedro Engenharia e Mineração, em Maracajá/SC. A balança estática de plataforma é a mais precisa dentre os dispositivos utilizados no teste, pois consiste em uma plataforma na qual o caminhão é estacionado completamente sobre o sistema, e a massa do veículo é aferida em um ponto único de medição. A balança de baixa velocidade do PPV também é considerada de alta precisão, mas com uma menor precisão do que a balança estática. Entretanto, enquanto a balança de plataforma faz a pesagem do veículo inteiro em um único momento, a balança de baixa velocidade do PPV faz a pesagem eixo a eixo, permitindo que sejam obtidos os pesos de referência para cada eixo dos veículos.

No que diz respeito ao procedimento para a obtenção dos pesos de referência, primeiramente os Pesos Brutos Totais (PBTs) registrados da balança estática foram registrados como referência. Após isso, os pesos por eixo registrados pelo PPV foram obtidos por meio de uma média das três passagens realizadas por cada veículo neste sistema, com o PBT obtido do PPV tendo sido calculado como a soma dos pesos por eixo.

Na sequência, foram calculados os percentuais do peso total que correspondiam a cada eixo dos veículos, conforme os dados do PPV. Esses percentuais, então, foram aplicados ao PBT obtido pela balança estática, visando quantificar os pesos de referência por eixo de cada veículo. Assim, pode-se dizer que o peso total dos veículos foi obtido pela balança estática e a sua distribuição entre os eixos foi obtida a partir da média das pesagens realizadas no PPV.

Os resultados finais para os pesos de referência adotados são apresentados no Quadro 16.

**Quadro 16 – Pesos de referência adotados para o cálculo dos erros**

Balança	Classe	PBT (kg)	Eixo 1 (kg)	Eixo 2 (kg)	Eixo 3 (kg)	Eixo 4 (kg)	Eixo 5 (kg)	Eixo 6 (kg)
PPV – Araranguá	3C	20406	4680	8683	7043			
	2S3	36874	5266	9213	6506	8063	7826	
	3S3	40146	5020	8270	5633	6383	7580	7260

Fonte: FAPEU (2024)

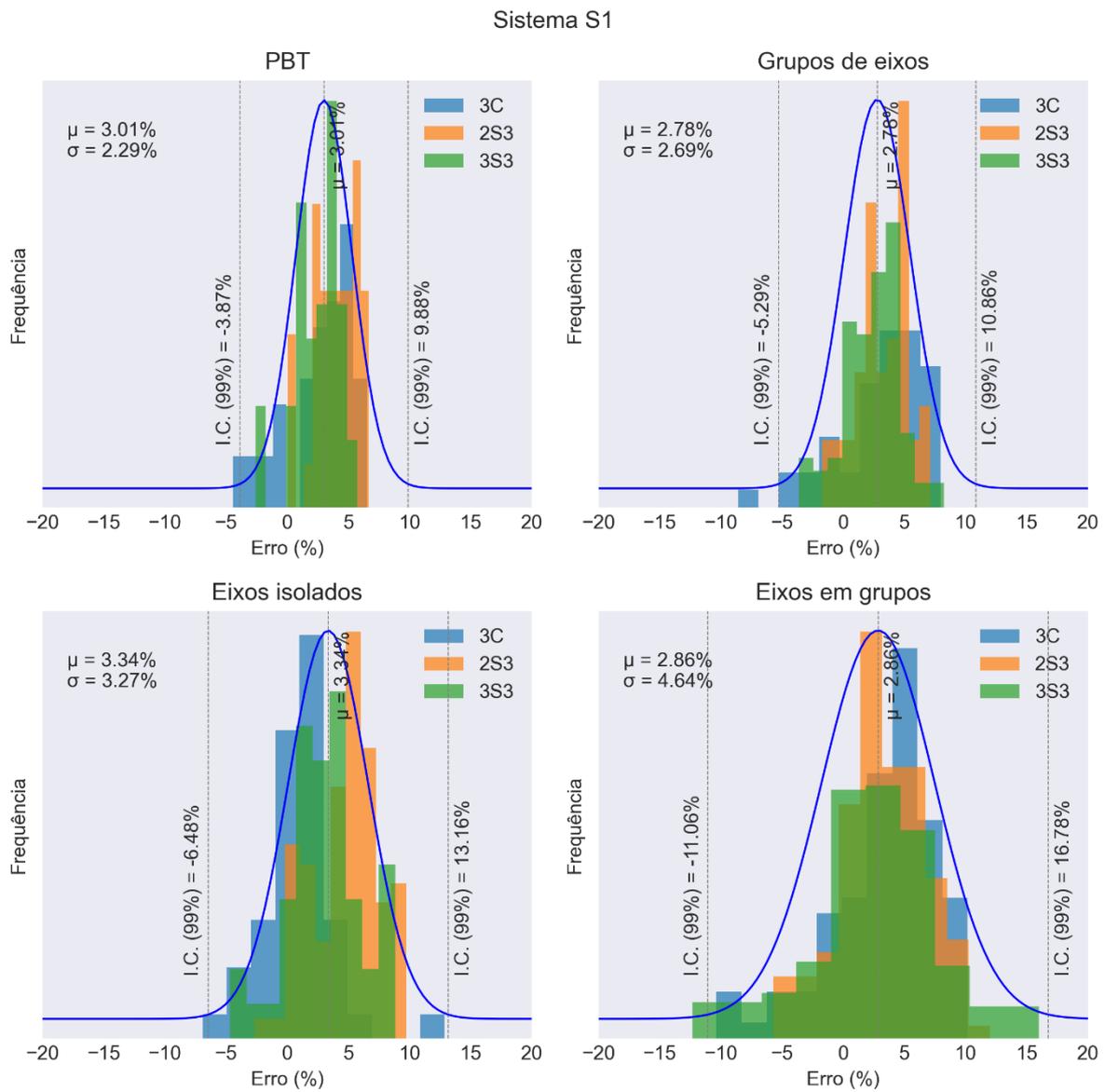
## 5.2. Erros observados nas amostras

A partir da comparação com os pesos de referência apresentados, calculam-se os erros percentuais para cada registro de pesagem,  $E_{\%}$ , através da Equação (1).

$$E_{\%} = \frac{V_a - V_r}{V_r} \times 100 \quad (1)$$

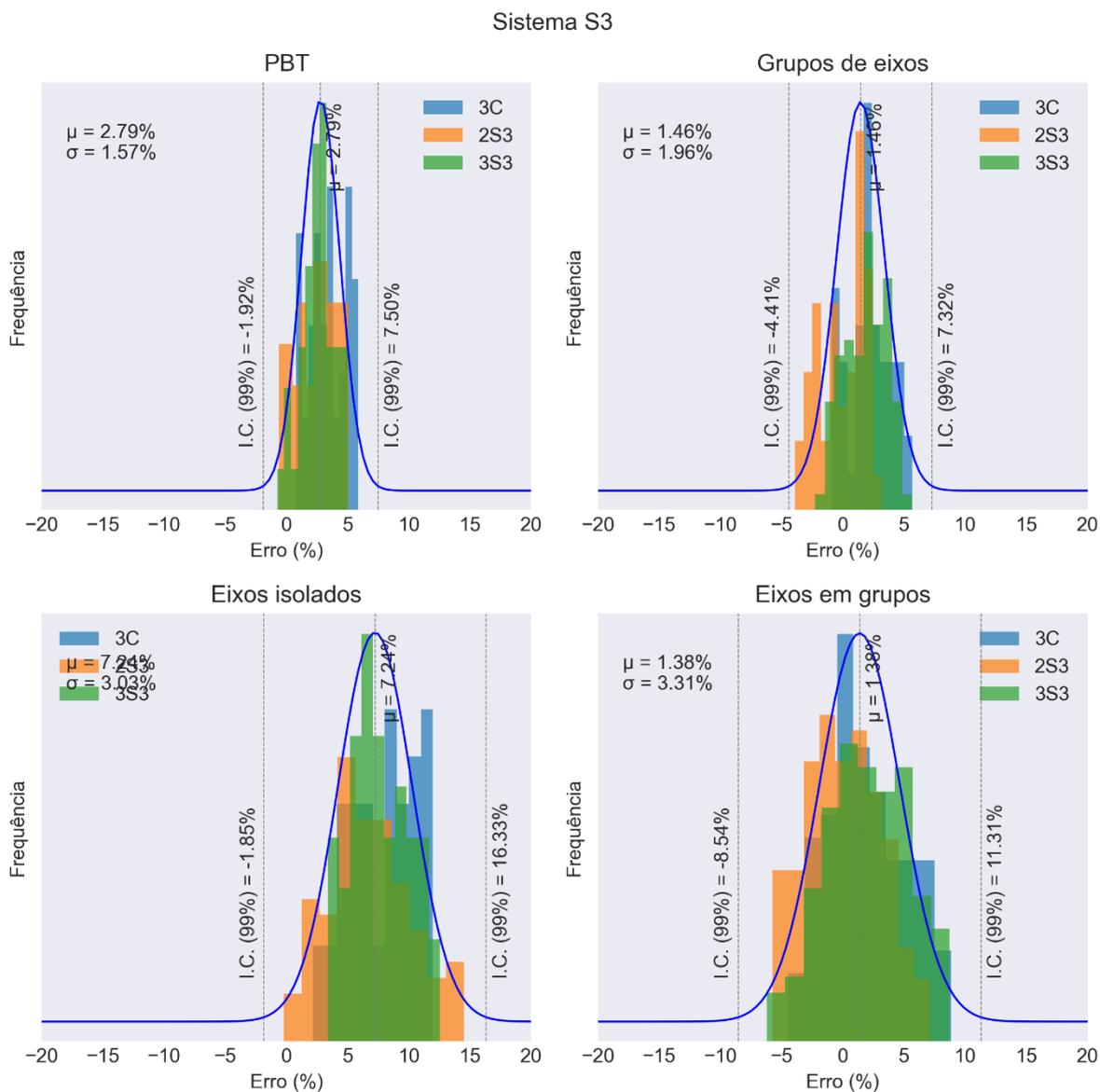
Com isso, os erros percentuais de cada sistema avaliado puderam ser calculados e as suas distribuições analisadas. As distribuições estatísticas dos erros observados para cada sistema e para cada tipo de medição (PBT, grupos de eixos, eixos isolados ou eixos em grupos) podem ser visualizadas na Figura 24, Figura 25 e Figura 26. Para verificar o desempenho dos sistemas, também é útil analisar qual o desempenho para cada eixo de cada veículo, permitindo identificar quais são os eixos que apresentam maior ou menor erro. Com essa finalidade, pode-se analisar a distribuição dos erros para cada eixo ou grupo de eixo, de cada veículo, a partir dos gráficos de caixa (*boxplot*) apresentados na Figura 27, Figura 28 e Figura 29.

Figura 24 – Distribuição dos erros percentuais observados no sistema S1



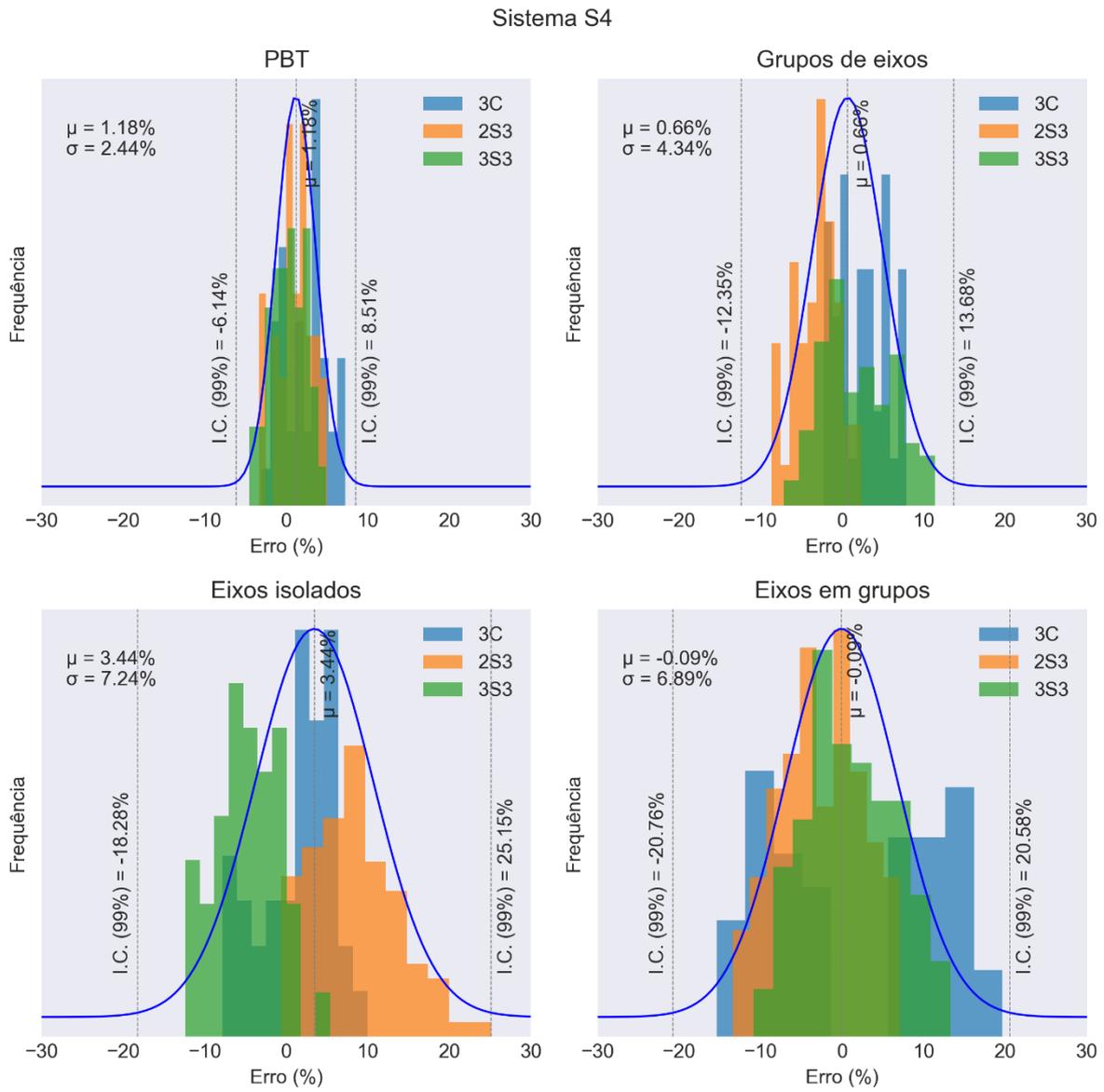
Fonte: FAPEU (2024)

Figura 25 – Distribuição dos erros percentuais observados no sistema S3



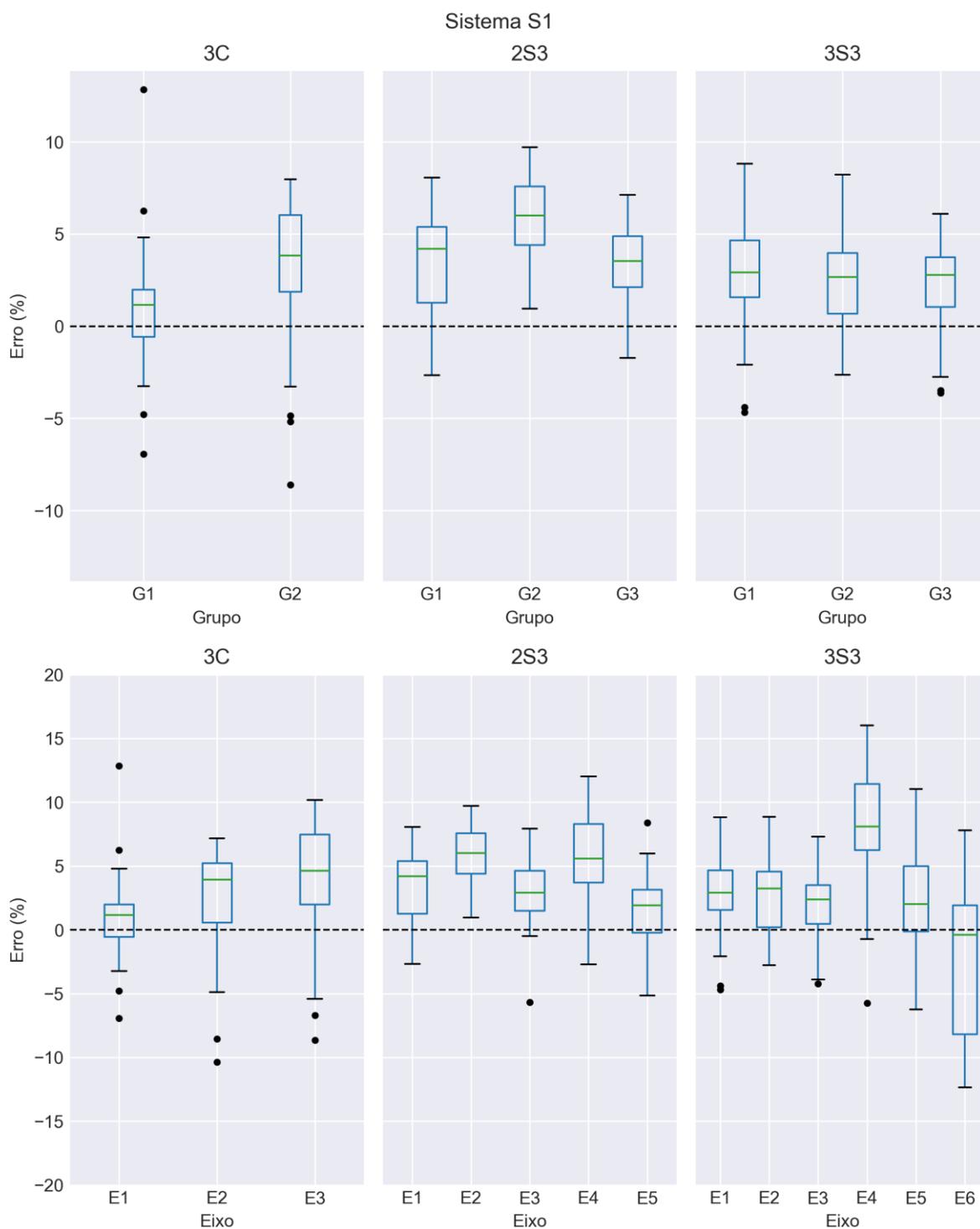
Fonte: FAPEU (2024)

Figura 26 – Distribuição dos erros percentuais observados no sistema S4



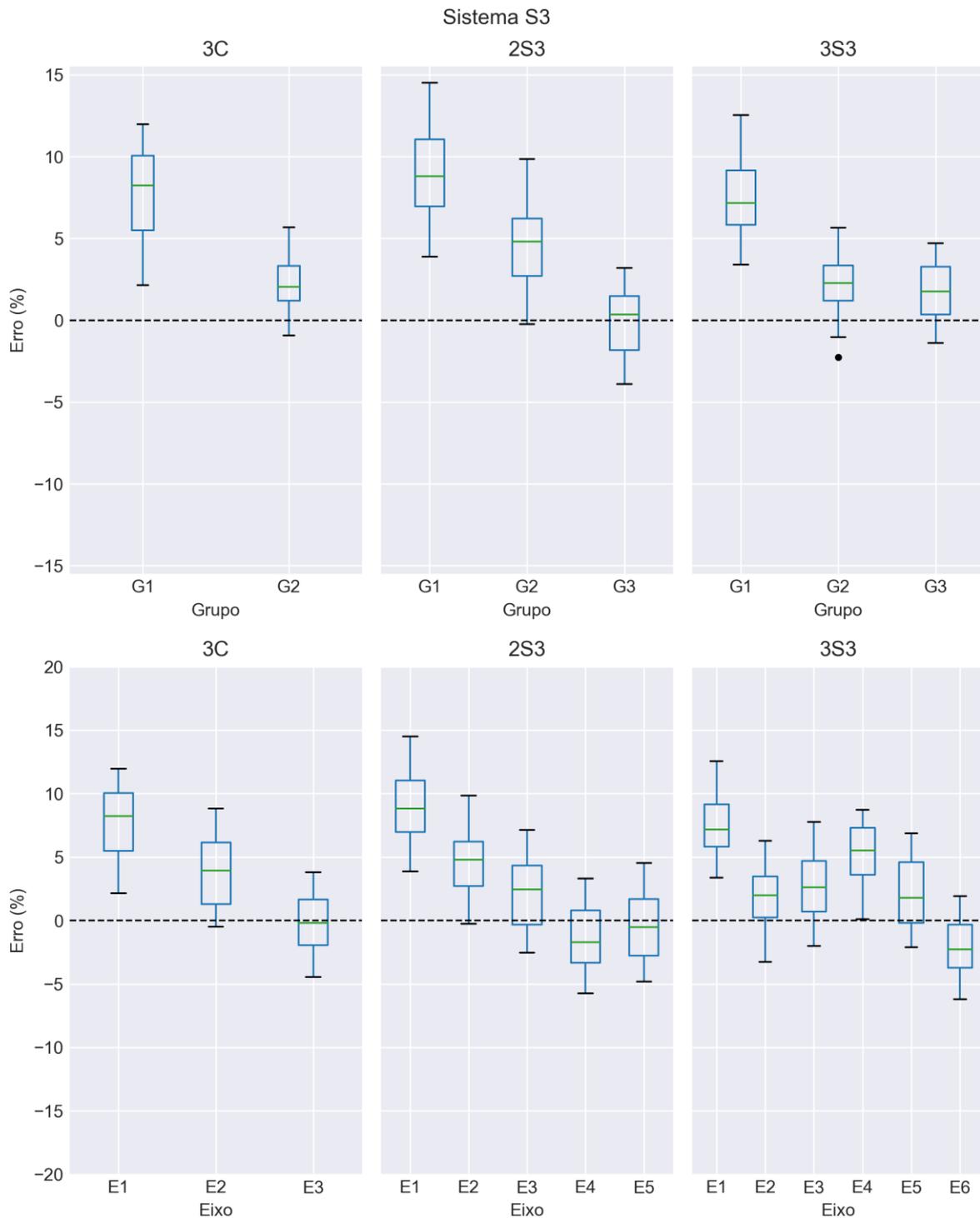
Fonte: FAPEU (2024)

Figura 27 – Distribuição dos erros por eixo e por grupo de eixo observados no sistema S1



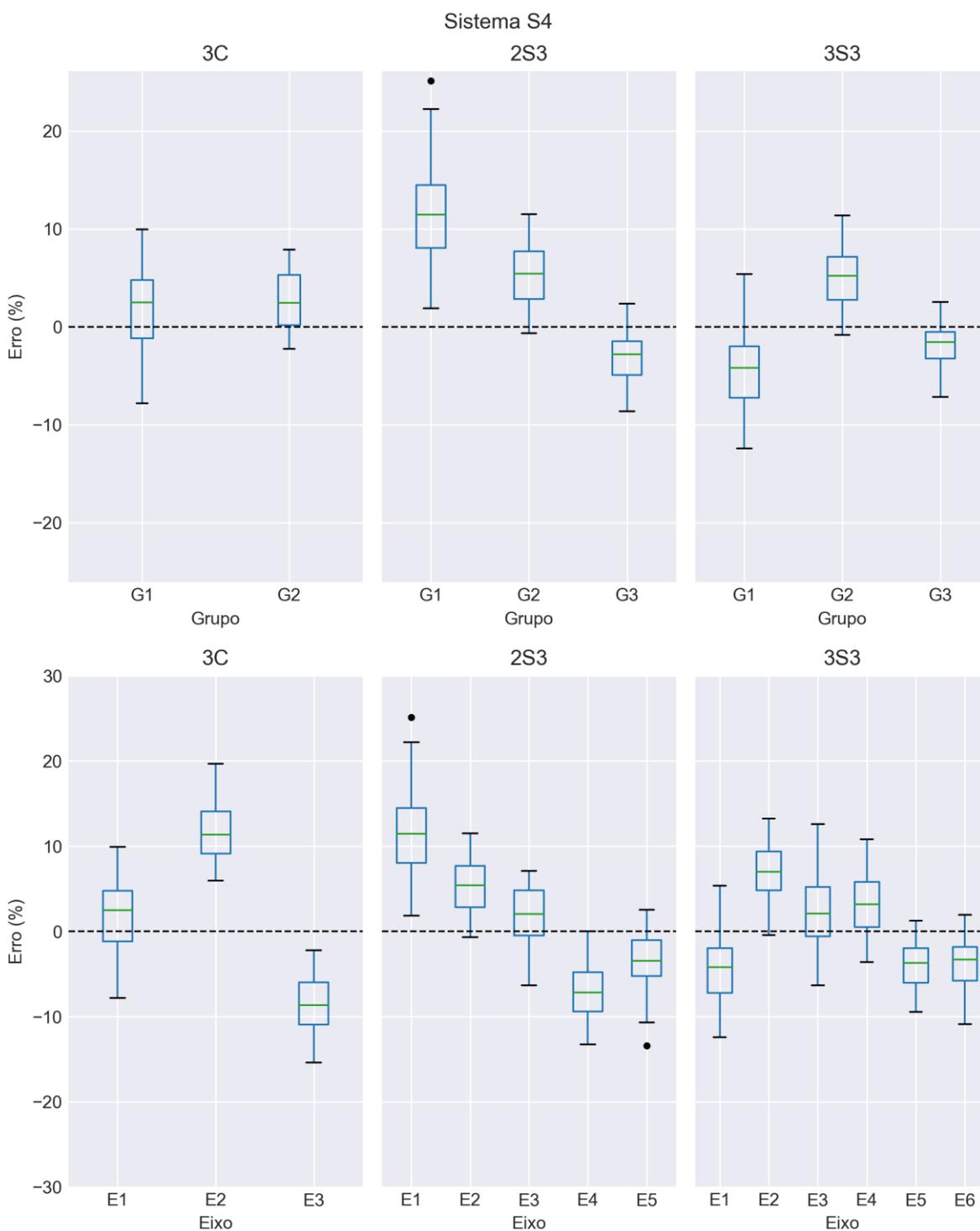
Fonte: FAPEU (2024)

Figura 28 – Distribuição dos erros por eixo e por grupo de eixo observados no sistema S3



Fonte: FAPEU (2024)

Figura 29 – Distribuição dos erros por eixo e por grupo de eixo observados no sistema S4



Fonte: FAPEU (2024)

### 5.3. Verificação de desempenho em função dos documentos de referência

Os documentos de referência adotados para a análise estabelecem limites de erro máximo admissível para algumas classes determinadas de desempenho. Além disso, eles possuem dois limites diferentes para a situação de verificação inicial do sistema e supervisão metrológica. Para a coleta dos dados analisados, os veículos estavam inseridos no tráfego local, interagindo diretamente com os outros veículos da frota e com o tráfego durante o teste. Além disso, conforme explicado anteriormente, foi prescrito que os veículos realizassem variações da sua posição lateral durante a coleta de dados para teste. O objetivo de prescrever estas condições, além da viabilização do teste, foi para que o desempenho dos sistemas fosse simulado nas condições da fiscalização direta de peso, em que os veículos poderão passar sem controle de velocidade ou posição lateral. Em função dessas condições estabelecidas, os limites utilizados para a comparação com os documentos normativos foram os limites para a supervisão metrológica, e não os para verificação inicial.

Os limites estabelecidos no regulamento aprovado pela Portaria INMETRO nº 19/2022 e na recomendação OIML R 134-1 estão apresentados na Figura 30, Figura 31, Figura 32 e Figura 33. As distribuições dos erros para cada sistema, em comparação com os limites do regulamento do INMETRO, estão apresentadas na Figura 34, Figura 35 e Figura 36. Os valores máximos e mínimos de cada gráfico permitem a verificação também dos limites da tabela OIML.

Figura 30 – Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para o PBT

Table 2

Accuracy class for vehicle mass	Percentage of conventional value of the vehicle mass (6.7)	
	Initial verification	In-service inspection
0.2	±0.10 %	±0.20 %
0.5	±0.25 %	±0.50 %
1	±0.50 %	±1.00 %
2	±1.00 %	±2.00 %
5	±2.50 %	±5.00 %
10	±5.00 %	±10.00 %

Fonte: OIML (2006)

**Figura 31 – Limites estabelecidos na recomendação OIML R 134-1 para eixos e grupos de eixos**

Table 4

Accuracy class for single-axle load and axle-group load	Percentage of the corrected mean single-axle load or corrected mean axle-group load	
	Initial verification	In-service inspection
A	±0.50 %	±1.00 %
B	±1.00 %	±2.00 %
C	±1.50 %	±3.00 %
D	±2.00 %	±4.00 %
E	±4.00 %	±8.00 %
F	±8.00 %	±16.00 %

Fonte: OIML (2006)

**Figura 32 – Limites do regulamento estabelecido pela Portaria Inmetro nº 019/2022 para o PBT**

Tabela 1

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

Fonte: Brasil (2022)

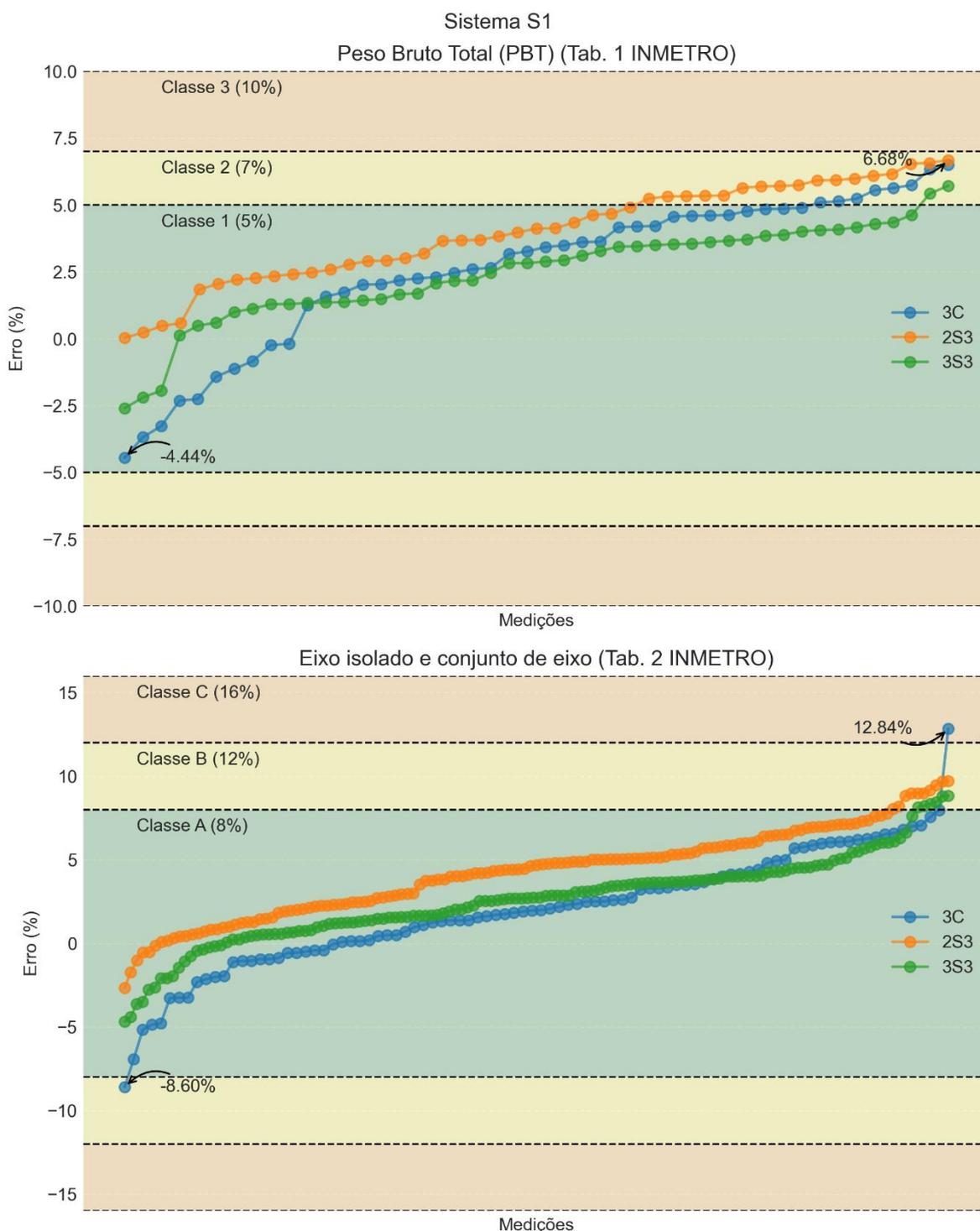
Figura 33 – Limites do regulamento estabelecido pela Portaria INMETRO nº 019/2022 para eixos e grupos de eixos

Tabela 2

Percentagem do valor verdadeiro convencional da carga estática de referência por eixo isolado (7.7)		
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%

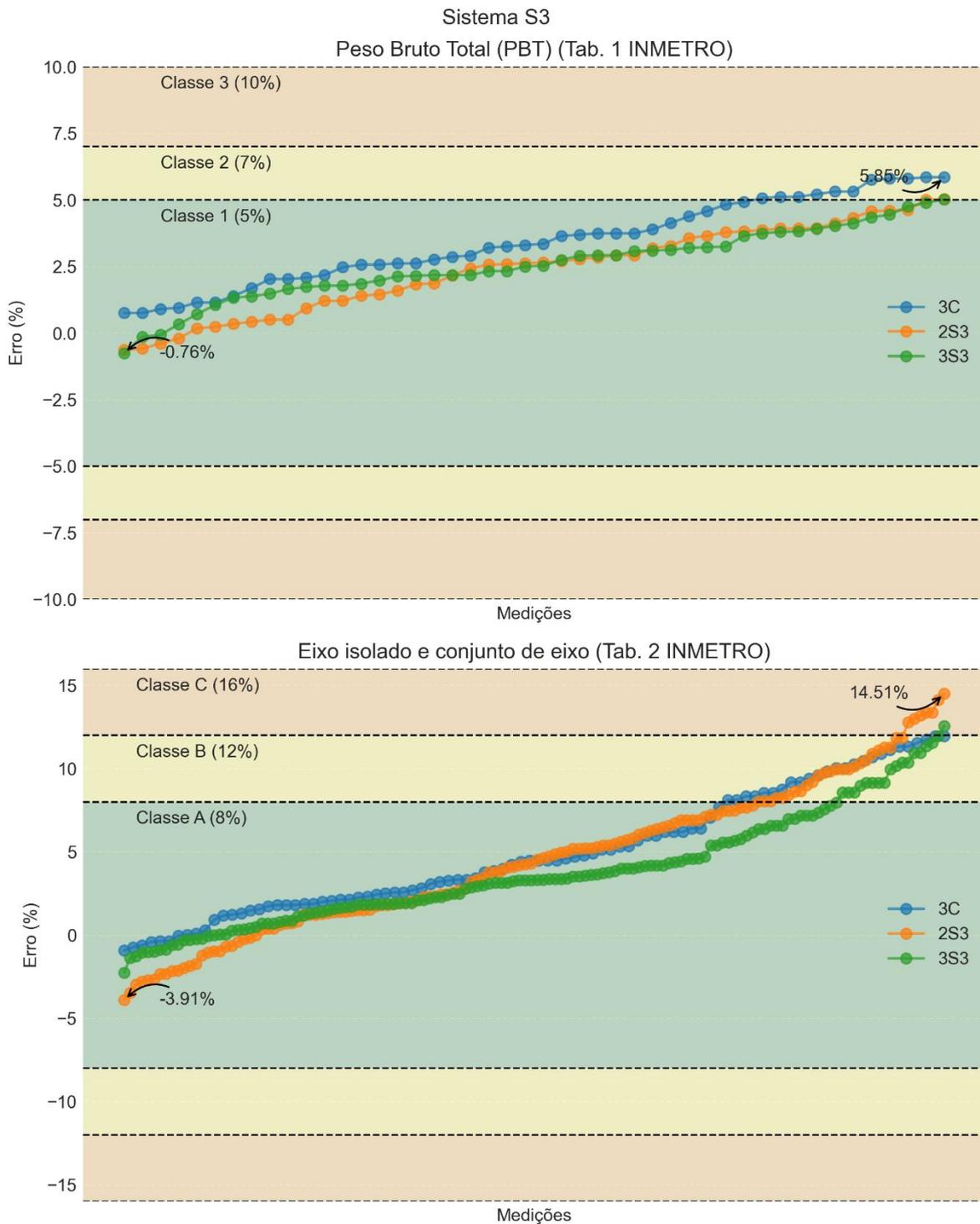
Fonte: Brasil (2022)

Figura 34 – Distribuição dos erros em função dos limites do INMETRO para o sistema S1



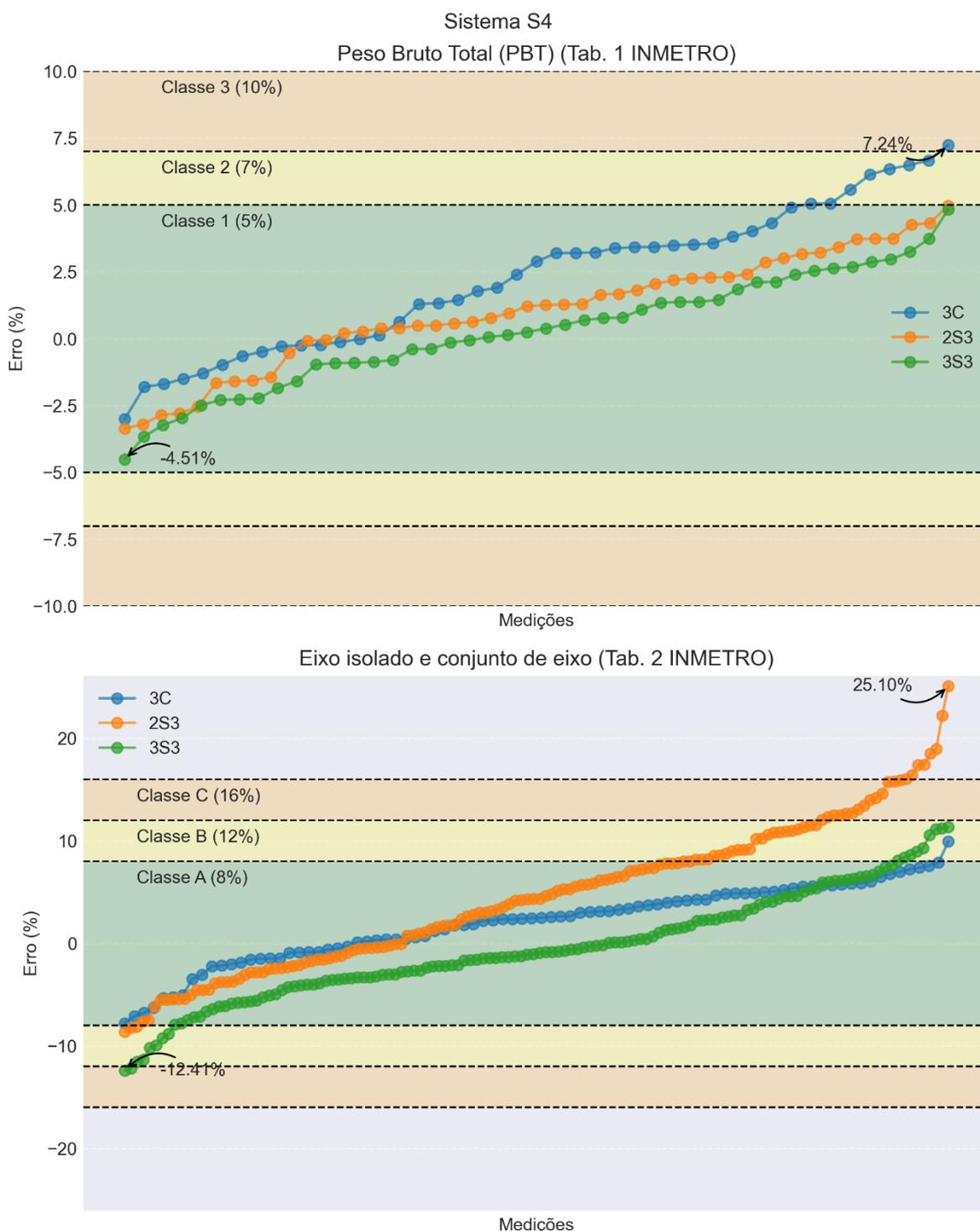
Fonte: FAPEU (2024)

Figura 35 – Distribuição dos erros em função dos limites do INMETRO para o sistema S3



Fonte: FAPEU (2024)

Figura 36 – Distribuição dos erros em função dos limites do INMETRO para o sistema S4



Fonte: FAPEU (2024)

### 5.3.1. Verificação estatística com a metodologia COST 323

A metodologia da *European Cooperation in Science and Technology* (COST) foi aplicada em função das distribuições estatísticas de erros para cada tipo de medição (PBT, grupos de eixos, eixos isolados e eixos em grupos) para obter as classificações. As classificações apresentadas pela metodologia são separadas por tipo de medição, e a classificação aceita (*Accepted class*) é considerada como a pior classificação dentre os tipos. O número entre parêntesis da classe é uma indicação geral do valor dos erros para a classe, por exemplo, a classe “A(5)” indica que, dentro do intervalo de confiança da metodologia, os erros do sistema estão em até 5%. Os resultados para as classificações COST dos sistemas são apresentados na Figura 37, Figura 38 e Figura 39.

Figura 37 – Resultados obtidos na metodologia COST para o sistema S1

SYSTEM	Number	Identified	Mean	Std deviat	$\pi_o$	Class	$\delta$	$\delta_{min}$	$\delta_c$	$\pi$	Accepted class
Entity		(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	class
gross weight	139	100,0	2,84	2,12	95,3	B+(7)	7	6,8	6,8	96,3	
group of axles	186	100,0	2,35	2,59	95,6	B+(7)	10	7,2	5,0	99,7	B+(7)
single axle	185	100,0	3,32	3,11	95,6	B+(7)	11	9,1	5,7	98,9	
axle of group	465	100,0	2,30	4,42	96,1	B+(7)	14	10,6	5,3	99,4	

Fonte: FAPEU (2024)

Figura 38 – Resultados obtidos na metodologia COST para o sistema S3

SYSTEM	Number	Identified	Mean	Std deviat	$\pi_o$	Class	$\delta$	$\delta_{min}$	$\delta_c$	class	$\pi$	Accepted class
Entity		(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)		(%)	class
gross weight	138	100,0	2,79	1,58	95,3	B+(7)	7	5,7	5,7	7	99,3	
group of axles	184	100,0	1,46	1,96	95,6	A(5)	7,143	5,1	3,6	5	99,7	B(10)
single axle	184	100,0	7,24	3,04	95,6	B(10)	15	12,9	8,4	10	99,1	
axle of group	460	100,0	1,38	3,31	96,1	A(5)	10	7,7	3,9	5	99,3	

Fonte: FAPEU (2024)

Figura 39 – Resultados obtidos na metodologia COST para o sistema S4

SYSTEM	Number	Identified	Mean	Std deviat	$\pi_o$	Class	$\delta$	$\delta_{min}$	$\delta_c$	$\pi$	Accepted class
Entity		(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	class
gross weight	133	100,0	1,18	2,45	95,3	B+(7)	7	5,8	5,8	98,4	
group of axles	177	100,0	0,66	4,35	95,5	B+(7)	10	9,5	6,7	96,5	C(15)
single axle	179	100,0	3,44	7,26	95,5	C(15)	20	17,2	12,2	98,2	
axle of group	444	100,0	-0,09	6,90	96,1	B(10)	20	14,9	7,5	99,5	

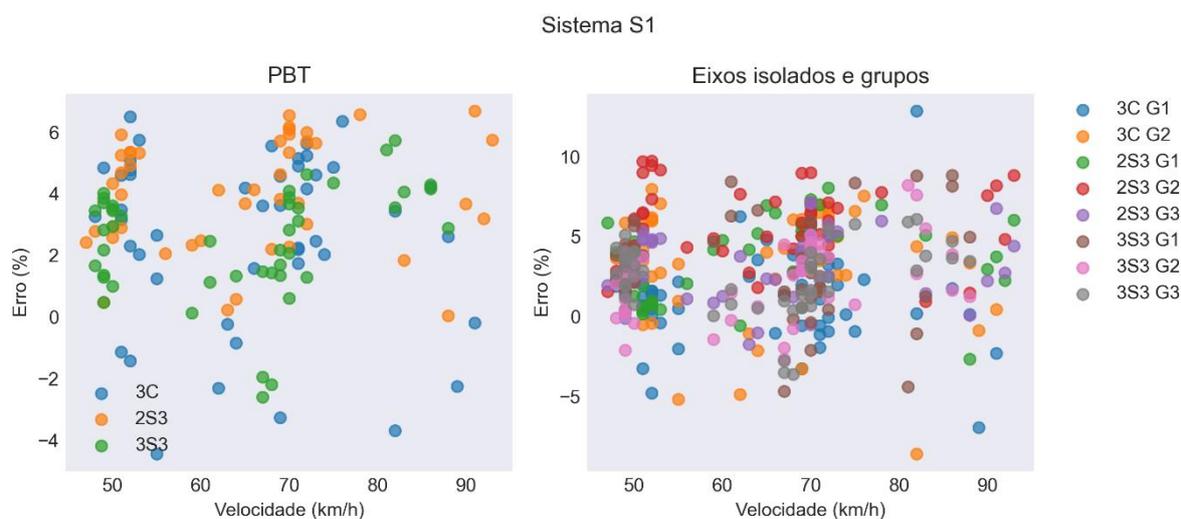
Fonte: FAPEU (2024)

## 5.4. Análise exploratória

Foram realizados estudos para investigar a correlação dos erros apresentados pelos sistemas com a velocidade das passadas e com o horário da coleta de dados. O objetivo principal deste estudo foi verificar a existência de problemas na coleta de dados, como falhas nos sistemas ou erros sistemáticos em função da velocidade, por exemplo. Isso foi feito por meio de gráficos

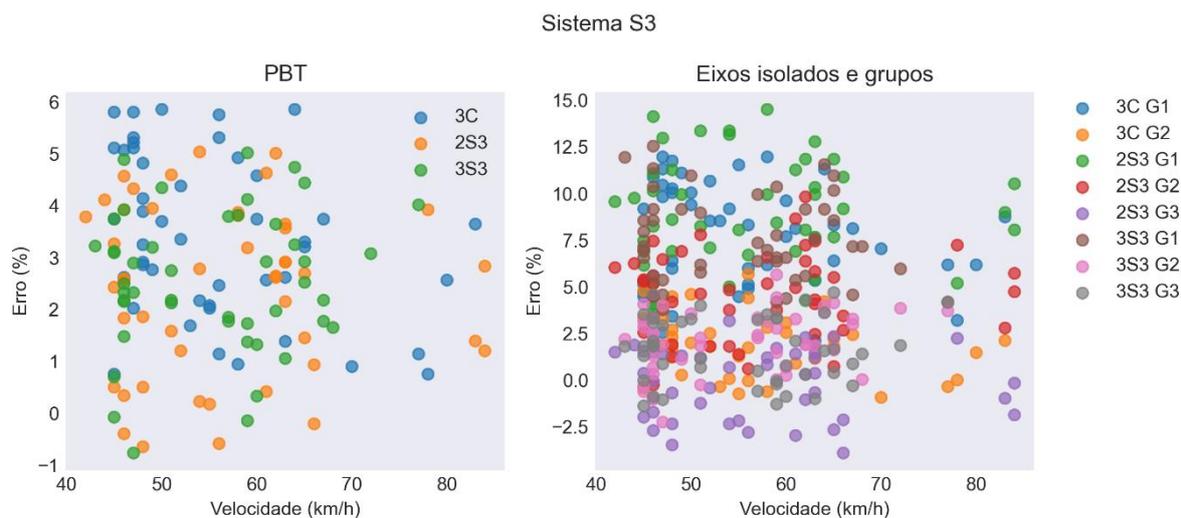
de dispersão dos erros em função das variáveis investigadas. Desta análise, não foram verificadas correlações ou problemas temporais na coleta dos dados, indicando que os sistemas não sofreram falhas ou erros sistemáticos no registro das passadas e que a velocidade dos veículos, dentro dos limites praticados para o teste, não influencia nos erros apresentados. Na Figura 40, é exibido um gráfico de dispersão de erros em função da velocidade aplicados para o sistema S1, da mesma forma aplicado para o sistema S3 na Figura 41 e para o Sistema S4 na Figura 42.

Figura 40 – Dispersão de erros em função da velocidade para o sistema S1



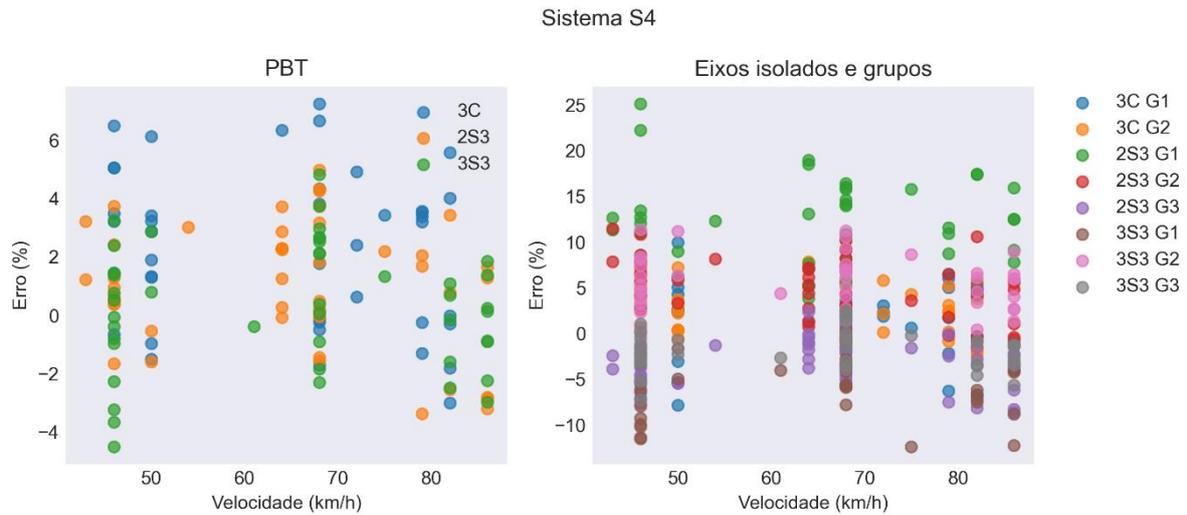
Fonte: FAPEU (2024)

Figura 41 – Dispersão de erros em função da velocidade para o sistema S3



Fonte: FAPEU (2024)

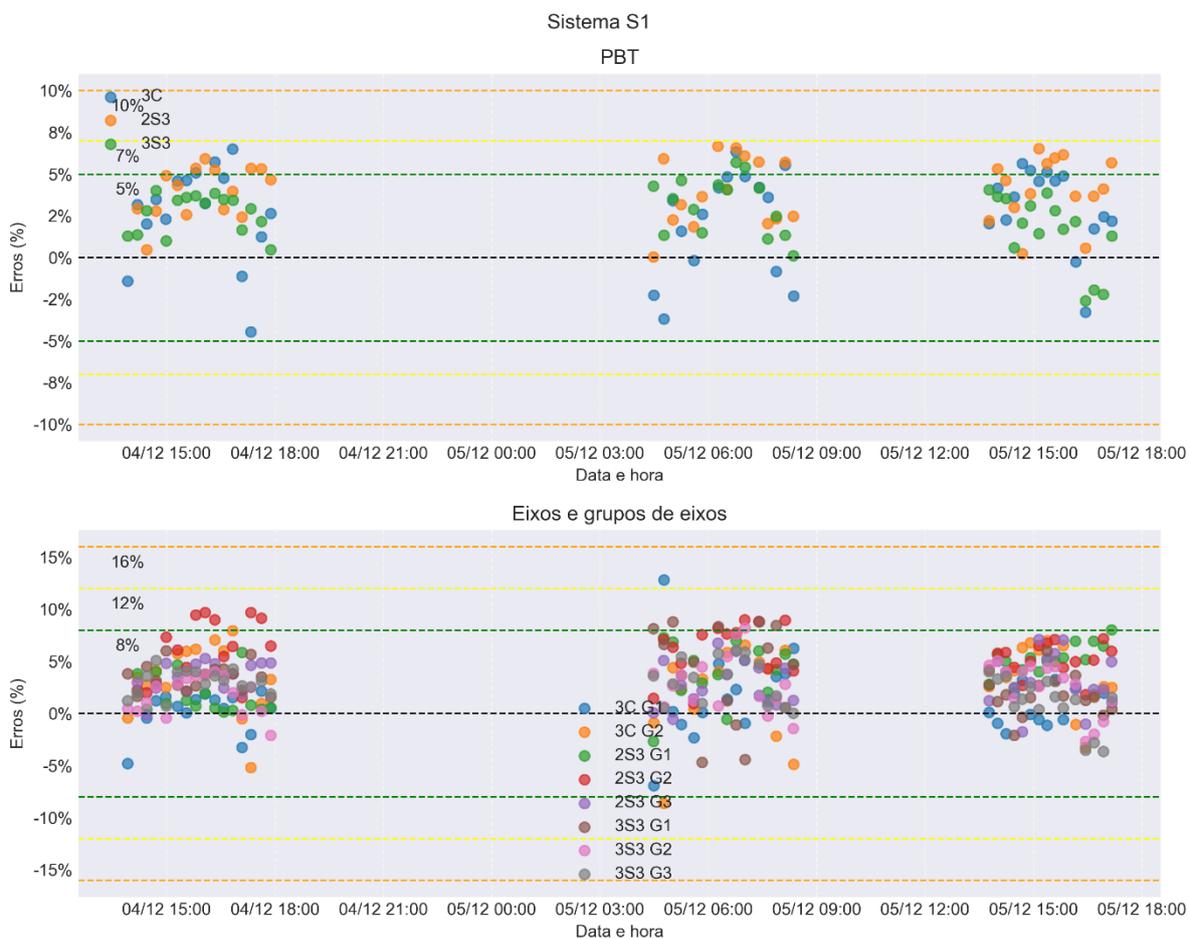
Figura 42 – Dispersão de erros em função da velocidade para o sistema S4



Fonte: FAPEU (2024)

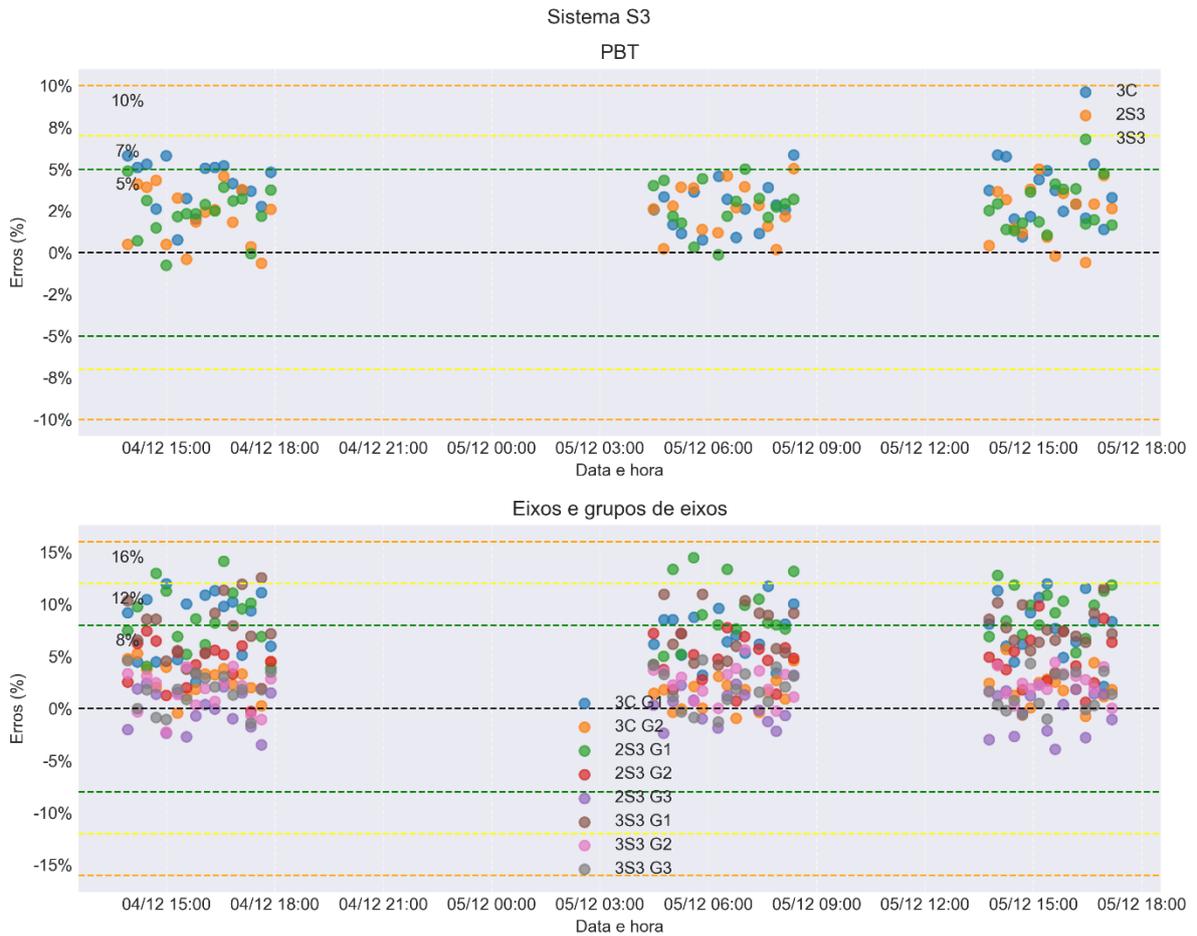
Nas figuras abaixo são mostrados os gráficos construídos de dispersão de erros em função do horário da coleta, aplicados para os sistemas S1 na Figura 43, S3 na Figura 44 e S4 na Figura 45.

Figura 43 – Dispersão de erros em função do horário da coleta para o sistema S1



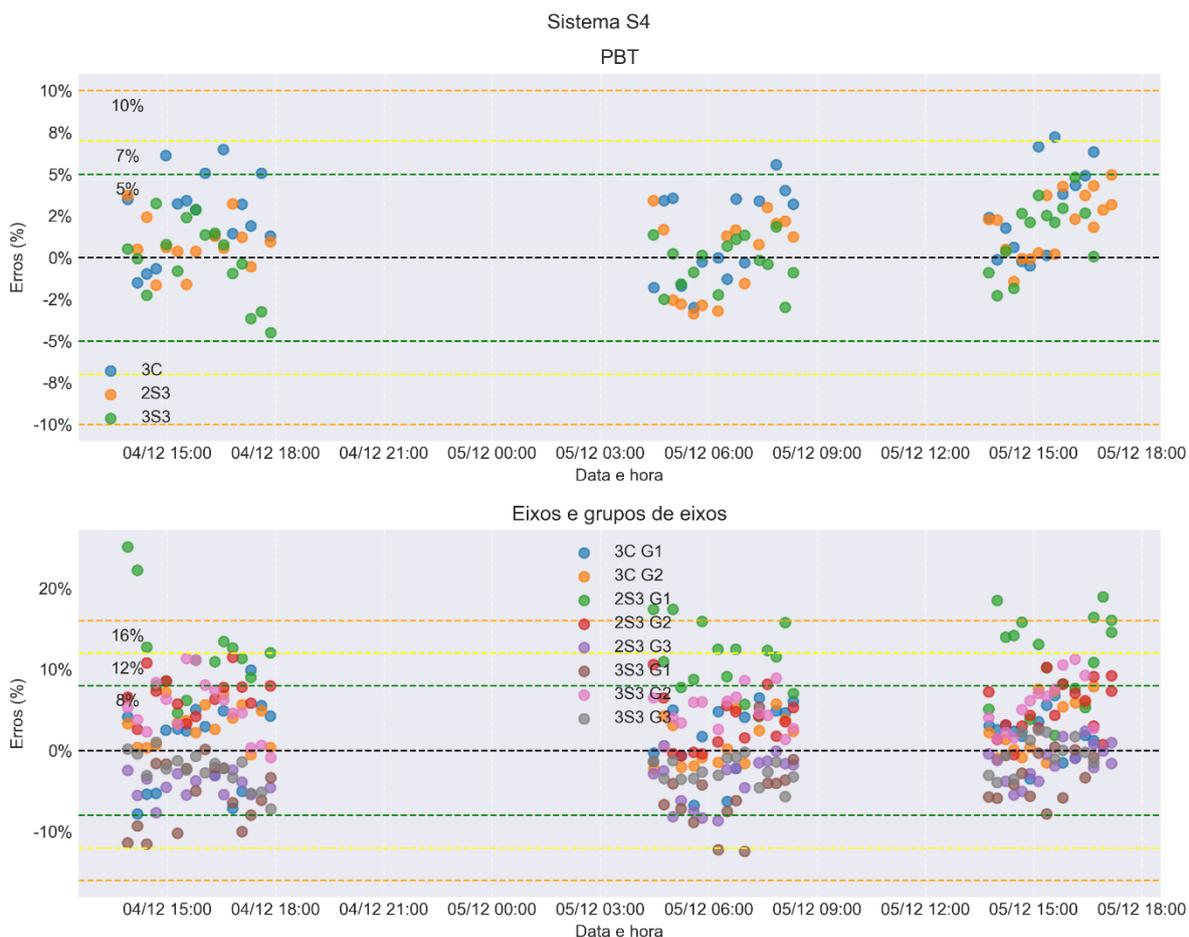
Fonte: FAPEU (2024)

Figura 44 – Dispersão de erros em função do horário da coleta para o sistema S3



Fonte: FAPEU (2024)

Figura 45 – Dispersão de erros em função do horário da coleta para o sistema S4



Fonte: FAPEU (2024)



## 6. Análise dos Resultados dos Sistemas

Com base nos resultados apresentados no capítulo anterior, realiza-se uma análise do desempenho dos sistemas *High Speed Weigh-In-Motion* (HS-WIM) na pesagem de veículos pesados em alta velocidade retomando o objetivo do presente projeto de Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT), que está diretamente relacionado com a promoção da fiscalização direta de peso no Brasil com equipamentos HS-WIM. Para esta finalidade, questiona-se se os sistemas HS-WIM estariam adequados para a sua utilização na fiscalização direta, por meio da verificação dos erros apresentados em seus resultados. Ressalta-se que, embora seja um aspecto importante neste processo, não será investigado de forma compreensiva o aspecto metrológico associado à aprovação e uso dos equipamentos para esta finalidade.

Com o objetivo de fornecer uma visão geral dos resultados obtidos por cada sistema testado, com base nos detalhes apresentados no capítulo anterior, apresentamos um resumo dos resultados em três quadros Quadro 17, Quadro 18 e no Quadro 19. Além disso, fornecemos um resumo das classificações obtidas nas três metodologias de avaliação adotadas nos Quadro 20, Quadro 21 e no Quadro 22, em seguida, realiza-se uma breve conclusão acerca dos resultados observados neste estudo.

Quadro 17 – Resumo dos resultados obtidos no sistema S1

Classe	Estatística	PBT	Grupos de eixo			Eixos					
			G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3C	Contagem	46	46	46		46	46	46			
	Média	2,6%	0,9%	3,1%		0,9%	2,5%	3,9%			
	Desv. Pad.	2,8%	3,0%	3,7%		3,0%	4,0%	4,5%			
	Mínimo	-4,4%	-6,9%	-8,6%		-6,9%	-10,4%	-8,6%			
	Máximo	6,5%	12,8%	8,0%		12,8%	7,2%	10,2%			
2S3	Contagem	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
	Média	4,0%	3,7%	5,8%	3,3%	3,7%	5,8%	2,9%	5,5%	1,3%	
	Desv. Pad.	1,8%	2,5%	2,4%	2,2%	2,5%	2,4%	2,4%	3,4%	3,3%	
	Mínimo	0,0%	-2,7%	-1,0%	-1,7%	-2,7%	-1,0%	-5,7%	-2,7%	-5,1%	
	Máximo	6,7%	8,1%	9,7%	7,1%	8,1%	9,7%	7,9%	12,0%	8,4%	
3S3	Contagem	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	Média	2,5%	3,1%	2,4%	2,4%	3,1%	2,6%	2,0%	8,2%	2,2%	-2,5%

Classe	Estatística	PBT	Grupos de eixo			Eixos					
			G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
	Desv. Pad.	1,8%	3,1%	2,4%	2,2%	3,1%	2,9%	2,8%	4,5%	3,8%	5,8%
	Mínimo	-2,6%	-4,7%	-2,6%	-3,6%	-4,7%	-2,8%	-4,2%	-5,7%	-6,2%	-12,4%
	Máximo	5,7%	8,8%	8,2%	6,1%	8,8%	8,8%	7,3%	16,0%	11,0%	7,8%

Fonte: FAPEU (2024)

Quadro 18 – Resumo dos resultados obtidos no sistema S3

Classe	Estatística	PBT	Grupos de eixo			Eixos					
			G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3C	Contagem	46	46	46		46	46	46			
	Média	3,4%	7,8%	2,1%		7,8%	3,9%	-0,1%			
	Desv. Pad.	1,6%	2,8%	1,7%		2,8%	2,8%	2,2%			
	Mínimo	0,8%	2,1%	-0,9%		2,1%	-0,5%	-4,4%			
	Máximo	5,9%	12,0%	5,7%		12,0%	8,8%	3,8%			
2S3	Contagem	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
	Média	2,4%	9,0%	4,6%	-0,1%	9,0%	4,6%	2,2%	-1,4%	-0,6%	
	Desv. Pad.	1,6%	2,8%	2,3%	1,9%	2,8%	2,3%	2,7%	2,4%	2,6%	
	Mínimo	-0,6%	3,9%	-0,2%	-3,9%	3,9%	-0,2%	-2,6%	-5,7%	-4,8%	
	Máximo	5,0%	14,5%	9,8%	3,2%	14,5%	9,8%	7,1%	3,3%	4,5%	
3S3	Contagem	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
	Média	2,6%	7,6%	2,1%	1,6%	7,6%	1,8%	2,7%	5,2%	2,1%	-2,0%
	Desv. Pad.	1,4%	2,4%	1,7%	1,8%	2,4%	2,4%	2,4%	2,4%	2,6%	2,3%
	Mínimo	-0,8%	3,4%	-2,3%	-1,4%	3,4%	-3,3%	-2,0%	0,1%	-2,1%	-6,2%
	Máximo	5,0%	12,5%	5,7%	4,7%	12,5%	6,3%	7,8%	8,7%	6,9%	1,9%

Fonte: FAPEU (2024)

Quadro 19 – Resumo dos resultados obtidos no sistema S4

Classe	Estatística	PBT	Grupos de eixo			Eixos					
			G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3C	Contagem	43	43	43		43	43	43			
	Média	2,3%	1,4%	2,5%		1,4%	11,5%	-8,6%			
	Desv. Pad.	2,7%	4,3%	3,1%		4,3%	3,4%	3,5%			
	Mínimo	-3,0%	-7,8%	-2,2%		-7,8%	6,0%	15,4%			
	Máximo	7,2%	9,9%	7,9%		9,9%	19,7%	-2,2%			
2S3	Contagem	46	46	46	46	46	46	46	46	46	
	Média	1,0%	11,6%	5,1%	-3,1%	11,6%	5,1%	2,1%	-7,0%	-3,4%	
	Desv. Pad.	2,1%	5,0%	3,3%	2,6%	5,0%	3,3%	3,2%	3,3%	3,6%	
	Mínimo	-3,4%	1,9%	-0,7%	-8,6%	1,9%	-0,7%	-6,3%	-13,3%	-13,4%	
	Máximo	5,0	25,1%	11,5%	2,4%	25,1%	11,5%	7,1%	0,0%	2,6%	

Classe	Estatística	PBT	Grupos de eixo			Eixos					
			G1	G2	G3	E1	E2	E3	E4	E5	E6
3S3	Contagem	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
	Média	0,3%	-4,8%	5,3%	-1,8%	-4,8%	7,0%	2,6%	2,9%	-3,9%	-3,8%
	Desv. Pad.	2,1%	3,9%	3,1%	2,2%	3,9%	3,2%	4,3%	3,3%	2,9%	3,1%
	Mínimo	-4,5%	-12,4%	-0,8%	-7,2%	-12,4%	-0,4%	-6,3%	-3,6%	-9,5%	-10,9%
	Máximo	4,8%	5,4%	11,4%	2,5%	5,4%	13,3%	12,6%	10,8%	1,3%	1,9%

Fonte: FAPEU (2024)

**Quadro 20 – Classes de desempenho atingidas pelo sistema S1**

Metodologia	Aferição	Classes de desempenho (classe atingida em destaque)					
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
COST 323	PBT	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Grupos de eixos	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Eixos isolados	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Eixos de um grupo	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
OIML R 134-1	PBT	0.2	0.5	1	2	5	10
	Eixos isolados ou grupos de eixos	A	B	C	D	E	F
Portaria INMETRO nº 019/2022 (supervisão metrológica)	PBT	1		2		3	
	Eixos isolados ou grupos de eixos	A		B		C	

Fonte: FAPEU (2024)

**Quadro 21 – Classes de desempenho atingidas pelo sistema S3**

Metodologia	Aferição	Classes de desempenho (classe atingida em destaque)					
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
COST 323	PBT	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Grupos de eixos	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Eixos isolados	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Eixos de um grupo	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
OIML R 134-1	PBT	0.2	0.5	1	2	5	10
	Eixos isolados ou grupos de eixos	A	B	C	D	E	F
Portaria INMETRO nº 019/2022 (supervisão metrológica)	PBT	1		2		3	
	Eixos isolados ou grupos de eixos	A		B		C	

Fonte: FAPEU (2024)

Quadro 22 – Classes de desempenho atingidas pelo sistema S4

Metodologia	Aferição	Classes de desempenho (classe atingida em destaque)					
		A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
COST 323	PBT	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Grupos de eixos	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Eixos isolados	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
	Eixos de um grupo	A(5)	B+(7)	B(10)	C(15)	D+(20)	D(25)
OIML R 134-1	PBT	0.2	0.5	1	2	5	10
	Eixos isolados ou grupos de eixos	A	B	C	D	E	F
Portaria INMETRO nº 019/2022 (supervisão metrológica)	PBT	1		2		3	
	Eixos isolados ou grupos de eixos	A		B		C	

Fonte: FAPEU (2024)

### 6.1. Discussão dos resultados

Com base nos resultados apresentados até o momento, observa-se que dos três sistemas comerciais de Pesagem em Movimento de Alta Velocidade (HS-WIM) instalados no sítio de pesquisas de Araranguá/SC, dois deles demonstram um desempenho satisfatório na aferição dos pesos dos veículos em alta velocidade. Para a medição do Peso Bruto Total (PBT), o sistema S1 apresentou um erro máximo de 6,7%, o sistema S3 teve um erro máximo de 5,9% e o sistema S4 registrou um erro máximo de 7,2%. Quanto aos eixos isolados ou grupos de eixos, o sistema S1 apresentou erros inferiores a 12,8%, o sistema S3 teve erros menores que 14,5% e o sistema S4 obteve erros inferiores a 25,1%.

O sistema S4, no entanto, apresentou um desempenho inferior aos demais sistemas avaliados. Isso, provavelmente, se deve ao fato de ser um sistema mais antigo que ficou desativado por um período, sem manutenção tanto na parte eletrônica quanto no trecho da rodovia onde foi instalado, conforme mencionado no capítulo anterior. Mesmo com essa deterioração natural do equipamento e rodovia onde instalado, na análise realizada o percentual de erro sobre o PBT do sistema não ficou muito distante dos outros sistemas analisados.

Em um cenário de supervisão metrológica, de acordo com o regulamento técnico do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), os sistemas S1 e S3 estariam aprovados para a classe 2C. O primeiro algarismo refere-se ao erro máximo do PBT, sendo  $\pm 7\%$  e  $\pm 6\%$  para a classe 2, respectivamente. As siglas “C” indicam os erros máximos para eixos isolados ou grupos de eixos, sendo  $\pm 13\%$  e  $\pm 14\%$ . É importante ressaltar que, na verificação inicial do sistema, as condições do teste seriam mais controladas, o que provavelmente reduziria os erros máximos. Portanto, não podemos afirmar que essas seriam as classes obtidas na aprovação inicial dos sistemas. Além disso, dentre os sistemas avaliados, o S1 é o

mais recente, com menos de um ano de instalação, enquanto o S2 e o S3 possuem mais tempo de operação, conforme apresentado no capítulo anterior. O sistema S4 se enquadraria apenas na classe 2 de PBT, com um erro máximo de  $\pm 7\%$ .

A classificação dos sistemas de pesagem em movimento, de acordo com o método da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML), segue uma abordagem semelhante à metodologia implementada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Essa classificação caracteriza os sistemas com base no Peso Bruto Total (PBT) e nos eixos isolados ou em grupos de eixos.

Os resultados obtidos para os sistemas S1, S3 e S4 foram os seguintes:

- Sistema S1: Classificação 10F para PBT e 5F para eixos isolados, quando avaliado por inspeção em serviço.
- Sistema S3: Classificação 10F para PBT e eixos isolados, também na inspeção em serviço.
- Sistema S4: Alcançou apenas a classificação 10 para o PBT, e a classificação por eixo isolado ou grupo de eixo não foi atingida.

O primeiro algarismo da classificação refere-se ao erro máximo do PBT, com o número apresentado representando o erro percentual máximo (por exemplo, “5” corresponde a  $\pm 5\%$ ). A letra “F” na classificação está associada a um erro máximo de  $\pm 16\%$  para eixos isolados ou grupos de eixos.

Seguindo a especificação da *European Cooperation in Science and Technology (COST)*, os sistemas foram classificados da seguinte forma:

- Sistema S1: Classe B+(7).
- Sistema S3: Classe B(10).
- Sistema S4: Classe C(15).

É importante destacar que a COST não diferencia entre classificação para aprovação inicial ou supervisão metrológica, e não considera a classe mais baixa obtida em um dos parâmetros de análise. O critério da COST é o mais rigoroso entre os métodos, pois utiliza a pesagem de um único eixo como parâmetro para classificação. No contexto da fiscalização de peso no Brasil, são considerados tanto o PBT quanto os eixos isolados ou em grupos de eixos para o cálculo das penalidades. Caso a COST adotasse um critério semelhante ao OIML e ao INMETRO, os sistemas poderiam ser classificados em classes superiores. Por fim, vale ressaltar que a metodologia da COST é a mais antiga utilizada nessas análises, tendo sido publicada em 1999.



## 7. Considerações Finais

Este documento tem como objetivo realizar a avaliação do desempenho dos sistemas de Pesagem em Movimento de Alta Velocidade (HS-WIM) instalados no sítio de pesquisa de Araranguá/SC. Para coletar os dados, utilizamos veículos de referência alugados, cujo peso era conhecido e aferido em balanças certificadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). A avaliação cumpriu os objetivos da atividade, apresentando resultados de desempenho dos sistemas, incluindo erros de pesagem, verificação do Peso Bruto Total (PBT), peso por grupo de eixos isolados e grupos de eixos. Além disso, os sistemas foram avaliados com base nos critérios de classificação do INMETRO, da *European Cooperation in Science and Technology* (COST) e da Organização Internacional de Metrologia Legal (OIML). Esse trabalho estava previsto na Ação 5 do plano de trabalho de Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT), que visa modernizar a fiscalização e monitoração rodoviária com equipamentos de pesagem em alta velocidade utilizando o sítio de pesquisas instalado em Araranguá/SC.

Com a análise dos sistemas instalados no sítio de pesagem em movimento de Araranguá/SC, foram coletados dados sobre o desempenho desses sistemas. O resultado mais significativo desse estudo foi obtido com base nos limites estabelecidos pelo regulamento aprovado pela Portaria INMETRO nº 19/2022, que considera os parâmetros para a supervisão metrológica de sistemas de pesagem em movimento para fiscalização direta de peso.

Sob condições mais rigorosas do que os testes do INMETRO, os sistemas comerciais S1 e S3 demonstraram desempenho aceitável, recebendo as classificações de 2C para os dois sistemas, conforme avaliados pelos parâmetros de supervisão metrológica. Além disso, também foram apresentadas as classificações dos sistemas com base nos padrões internacionais OIML e COST 323.

Pela metodologia do OIML, os sistemas S1 e S3 foram classificados como 10F, 5F quando avaliados por inspeção em serviço. Já com base nas especificações da COST, os sistemas alcançaram as classes B+(7), B(10) e C(15). O sistema S4 não obteve uma boa classificação por grupo de eixo ou eixos isolados, porém na análise de erros sobre o PBT ele acabou ficando mais próximos dos outros sistemas avaliados.

A última calibração realizada nos sistemas HS-WIM comerciais, instalados no sítio de pesquisa de Araranguá/SC, foi realizada no dia 6 de fevereiro de 2023 e, logo em seguida, foi realizada

uma coleta de dados para análise e elaboração do Produto 6(I). Com nova coleta de dados realizada em dezembro de 2023, se passaram dez meses sem qualquer calibração e manutenção nos sistemas comerciais instalados. Dados esses que foram utilizados para a elaboração desse produto.

Foi realizada uma comparação dos erros de PBT e grupos de eixos obtidos nos sistemas comerciais avaliados na primeira análise de erros, descrita no Produto 6(I) e nesta atual. Os valores referenciam o maior erro obtido em toda a amostra do teste realizado. São apresentados, no quadro 23, o sistema S1 e, no quadro 24, o sistema S3.

Quadro 23 – Comparação dos erros do sistema S1

Data do Teste	PBT	Grupo de Eixos		
		G1	G2	G3
06/02/2023	4,9%	8,2%	7,8%	7,4%
04/12/2023	6,70%	12,80%	9,70%	7,10%

Fonte: FAPEU (2024)

Quadro 24 – Comparação dos erros do sistema S3

Data do Teste	PBT	Grupo de Eixos		
		G1	G2	G3
06/02/2023	2,8%	5,9%	4,1%	3,4%
04/12/2023	5,90%	14,50%	9,80%	4,70%

Fonte: FAPEU (2024)

No decorrer de dez meses, desde a última calibração nos sistemas HSWIM, é possível avaliar que houve uma diminuição na precisão de pesagem. No entanto, de acordo com as análises realizadas, os sistemas ainda estão de acordo com o regulamento técnico INMETRO, em um cenário de supervisão metrológica.

Nas próximas etapas do projeto, procederemos à coleta de dados com os Veículos da Frota, com o objetivo de compará-los à balança de referência existente no Posto de Pesagem Veicular de Aranguá/SC. Esse posto de pesagem está localizado próximo e à jusante dos sistemas HS-WIM. A avaliação dos dados obtidos com os Veículos da Frota seguirá um processo semelhante ao realizado no presente produto e será dividida em duas partes: Produto 7 (I e II).

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria nº 19, de 12 de janeiro de 2022. **Aprova o Regulamento Técnico Metrológico consolidado para instrumentos de pesagem automáticos de veículos rodoviários em movimento**. Brasília/DF: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-19-de-12-de-janeiro-de-2022-375564556>. Acesso em: 12 mar. 2024.

COST. **COST 323**: Weigh-in-Motion of Road Vehicles: Final Report. Versão 3.0. European WIM Specification. Bruxelas, 1999. Disponível em: [https://www.is-wim.org/doc/ijhd\\_hvs\\_jacob.pdf](https://www.is-wim.org/doc/ijhd_hvs_jacob.pdf). Acesso em: 12 mar. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Norma de verificação de instrumentos automáticos de pesagem de veículos rodoviários: NIT-SEMAS-002**. Rio de Janeiro, 2017. 18 p. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa\\_link.asp?seq\\_tipo\\_documento=4&cod\\_uo\\_numero=00874&num\\_documento=002](http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa_link.asp?seq_tipo_documento=4&cod_uo_numero=00874&num_documento=002). Acesso em: 12 mar. 2024.

OIML. **OIML R 134-1**: Automatic instruments for weighing road vehicles in motion and measuring axle loads - Part 1: Metrological and technical requirements – Tests. [S.l.]: Organisation Internationale de Métrologie Légale, 2006, 81p. Disponível em: [https://www.oiml.org/en/files/pdf\\_r/r134-1-e06.pdf](https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r134-1-e06.pdf). Acesso em: 12 mar. 2024.





**CCR** *ViaCosteira*

CCR Via Costeira  
Rua Silvio Burigo, 555 - Oficinas  
CEP. 88702-500 - Tubarão - SC  
0800-255-5550 - [ouvidoria.viacosteira@grupoccr.com.br](mailto:ouvidoria.viacosteira@grupoccr.com.br)