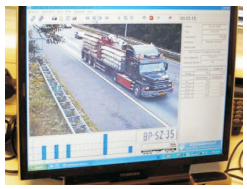
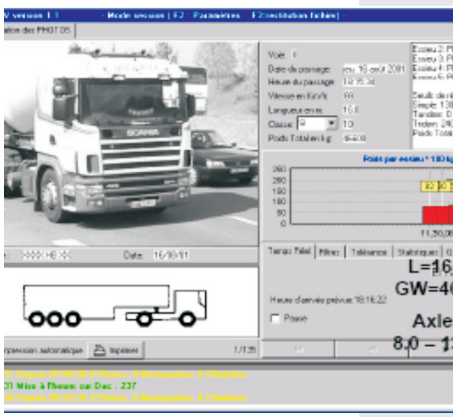
Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento

Fase 5
Realização de testes em campo com as diversas tecnologias pré-selecionadas

Setembro de 2009





UFSC NEP

DNIT

Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento

Convênio TT 102/2007

Realização de testes em campo com as diversas tecnologias pré-selecionadas

Setembro de 2009

DNIT Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Laboratório de Transportes e Logística

NEP Núcleo de Estudos de Pesagem

Convênio TT 102/2007 DNIT / UFSC

IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

FICHA TÉCNICA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT

Luiz Antonio Pagot
Diretor Geral DNIT

Hideraldo Luiz Caron
Diretor de Infraestrutura Rodoviária

Luiz Cláudio dos Santos Varejão
Coordenador Geral de Operações Rodoviárias

João Batista Berretta Neto
Coordenador de Operações

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL/DNIT/SC

João José dos Santos
Superintendente Regional de Santa Catarina

Edemar Martins
Supervisor de Operações

Fernando Faustino de Souza
Área de Engenharia e Segurança de Trânsito

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Alvaro Toubes Prata
Reitor

Carlos Alberto Justo da Silva
Vice-Reitor

Edison da Rosa
Diretor do Centro Tecnológico

Antonio Edésio Jungles
Chefe do Departamento de Engenharia Civil

LABORATÓRIO DE TRANSPORTES E LOGÍSTICA - LABTRANS

Amir Mattar Valente, Dr.
Supervisor do Laboratório – LABTRANS/UFSC

NÚCLEO DE ESTUDOS DE PESAGEM

EQUIPE TÉCNICA

Valter Zanela Tani, Dr.
Hélio Goltsman, Eng°. Eletrônico
Márcio Roberto de Lima Paiva, Dr.
Fernando da Rocha Pantoja, PhD.
Flavio De Mori, Dr.
Gustavo Garcia Otto, M.Eng.

EQUIPE DE APOIO

Daniel Moura Aragão, Administrador

APRESENTAÇÃO

Apresentação

Trata o presente relatório de um produto do Convênio 102/2007 – Projeto "Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento", firmado entre o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT e a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

O projeto em tela prevê, como uma de suas mais importantes etapas, a realização de um experimento para avaliação do estado da arte internacional em sistemas de pesagem em movimento, sob condições brasileiras de operação.

Tendo em vista a experiência internacional, avaliada através de pesquisa da literatura especializada e, sobretudo, de uma viagem de estudo realizada pela equipe do projeto aos países Europeus mais avançados no assunto, decidiu-se focar o experimento nos sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores (MS-WIM).

Neste Relatório é apresentada a realização de testes em campo com as diversas tecnologias pré-selecionadas, aplicadas à utilização de múltiplos sensores, conhecida internacionalmente com MS WIM, além de testes com o sistema de análise de deformação do pavimento instalado..

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DNIT –	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
MS WIM –	Sistema de pesagem em movimento com múltiplos sensores
UFSC –	Universidade Federal de Santa Catarina
PBT –	Peso Bruto Total
PBTC –	Peso Bruto Total Carregado
TARA –	Peso do Veículo vazio

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Layout dos sensores na pista de teste 13
Figura 2 – Sensores de quartzo, cerâmico e polímero 14
Figura 3 – Sensores “strain gauge” Medição de deflexão 14
Figura 4 – Diagrama do sistema integrado instalado na pista experimental 17
Figura 5 - Fotos de caminhão passando pela pista experimental 18
Figura 6 – Exemplo de dados brutos do sistema piezelétrico quartzo 23
Figura 7 – Exemplo de dados corrigidos do sistema piezelétrico quartzo 24
Figura 8 – Exemplo de dados processados com valores expressos em massa (kg) 25
Figura 9 – Formato da saída do sistema de pesagem em movimento com a utilização de sensores piezelétrico cerâmicos 26
Figura 10 - Exemplo de formato da saída do sistema piezelétrico polímero 27
Figura 11 – Visualização dos resultados em tempo real 28
Figura 12 – Veículo 3C realizando testes controlados 31
Figura 13 - Veículo 3C em teste 37
Figura 14 - Pesagem do veículo 3C na balança estática de plataforma 38
Figura 15 - Pesagem veículo 3C na balança estática por eixo 38
Figura 16 - Veículo 3C em teste 66
Figura 17 - Carregamento Veículo 3C 67
Figura 18 – Sistema de análise de deformação em pavimentos 74
Figura 19 – Conexão dos cabos ao sistema de aquisição de sinais. 76
Figura 20 – Placa de aquisição de sinais. 77
Figura 21 – Painel de controle de sinais. 78
Figura 22 – Pacotes de sinais do primeiro teste realizado. 79
Figura 23 – Aferição por regressão linear. 80
Figura 24 – Parâmetros de aquisição. 81
Figura 25 – Caminhão classe 2C sobre o eixo virtual de sensores. 82
Figura 26 - Caminhão classe 3C sobre o eixo virtual de sensores. 83
Figura 27 – Exemplo de arquivo de dados do tipo texto. 84

SUMÁRIO

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução 12
1 Introdução 13
Capítulo 2 – Testes dos Sistemas de Pesagem em Movimento Instalados 16
2 Testes dos Sistemas de Pesagem em Movimento Instalados 17
2.1 Plano de Teste Controlado 19
2.1.1 Local 19
2.1.2 Veículos utilizados 19
2.1.3 Dados processados 20
Capítulo 3 – Formato de Saída dos Dados dos Sistemas de Pesagem em Movimento 21
3 Formato de Saída dos Dados dos Sistemas de Pesagem em Movimento 22
3.1 Formato de Saída dos Sensores Piezelétrico Quartzo 22
3.1.1 Dados brutos 23
3.1.2 Dados corrigidos 24
3.1.3 Dados processados 24
3.2 Formato de Saída dos Sensores Piezelétrico Cerâmico 25
3.3 Formato de Saída dos Sensores Piezelétrico Polímero 26
3.4 Visualização dos Resultados dos Testes em Tempo Real 27
Capítulo 4 – Testes dos Sistemas de Pesagem em Movimento Instalados 29
4 Testes dos Sistemas de Pesagem em Movimento Instalados 30
4.1 Realização dos Testes 30
4.1.1 Testes realizados nos dias 17 e 18 de agosto de 2009 31
4.1.1.1 Observações sobre os testes realizados 32
4.1.1.2 Dados consolidados do sistema piezelétrico quartzo 34
4.1.2 - Testes realizados no dia 14 de outubro de 2009 37
4.1.2.1 Observações sobre os testes realizados 39
4.1.2.2 Dados consolidados do sistema de piezelétrico quartzo 41
4.1.3 - Testes realizados no dia 25 de outubro de 2009 48
4.1.3.1 Observações sobre a realização do teste 48
4.1.3.2 Dados consolidados do sistema piezelétrico quartzo 49
4.1.3.3 Dados consolidados do sistema piezelétrico cerâmico 54
4.1.3.4 Dados consolidados do sistema piezelétrico polímero 59
4.1.4 - Testes realizados nos dias 25 a 27 de novembro de 2009 66
4.1.4.1 Observações sobre os testes realizados 67
4.1.4.2 Dados consolidados do sistema piezelétrico cerâmico 69
4.1.4.3 Dados consolidados do sistema piezelétrico polímero 70
Capítulo 5 – Testes do Sistema de Análise de Deformação do Pavimento 73
5 Testes do Sistema de Análise de Deformação do Pavimento 74
5.1 Sistema de Aquisição de Sinais 75

5.1.1 Ajustes de aquisição de sinais 76
5.1.2 Aferição do sistema por regressão linear 79
5.1.3 Coleta de dados 80
5.2 Testes 81
5.2.1 Testes realizados no dia 23 de Outubro de 2009 82
5.2.2 Testes realizados nos dias 26 e 27 de novembro de 2009 83
5.2.3 Dados Coletados 84
Capítulo 6 – Considerações Finais 85
6 Considerações Finais 86

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por objetivo de apresentar os testes e atividades de campo desenvolvidas no intuito de avaliar os sistemas multisensores de pesagem em movimento, incluindo os sensores, a eletrônica de aquisição de dados, o processamento de sinal, a disponibilização de dados, a integração de dados e o sistema de auditoria de vídeo (registro fotográfico de placas de veículos), instalados na pista experimental construída no km 418 da BR101SUL, como também o sistema de análise da deformação do pavimento instalado.

São apresentados a metodologia utilizada, os procedimentos adotados e as condições operacionais utilizadas na aplicação nos testes. Serão também apresentados os dados e informações obtidos e comentários alusivos aos dados coletados e as condições gerais encontradas durante a realização dos testes.

Os dados obtidos e respectivos comentários são relatados e apresentados de forma refletir as condições de operação dos sistemas multisensores piezelétrico quartzo, piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero, além do sistema de vídeo auditoria, do sistema de integração de dados e do sistema de análise de deflexão do pavimento.

O sistema de múltiplos sensores, apresentado esquematicamente na Figura 1 contempla um total de 48 linhas de sensores, sendo 16 do tipo piezelétrico quartzo, 16 do tipo piezelétrico cerâmico e 16 do tipo piezelétrico polímero, 8 laços indutivos, 2 câmeras de vídeo. Além disso, o experimento inclui 7 sensores de deformação do pavimento (um de referência para controle de variação térmica) e 1 sensor de temperatura do pavimento. As Figuras 2 e 3 mostram respectivamente uma visão dos sistemas de pesagem e de deformação do pavimento instalados.

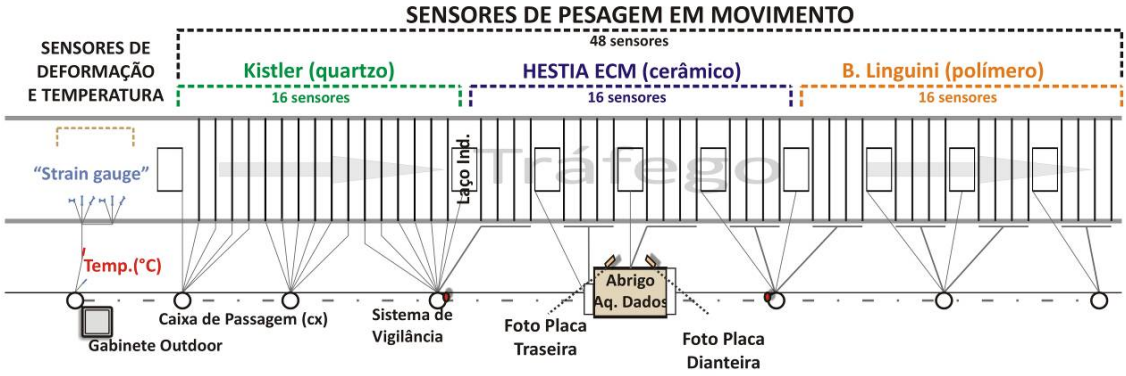


Figura 1- Layout dos sensores na pista de teste

Figura 2 – Sensores de quartzo, cerâmico e polímero

Figura 3 – Sensores “strain gauge” Medição de deflexão

Como definido e explicitado no Relatório Caracterização da Frota: BR101 SC-Sul Km 418/419 de Dezembro de 2008, nos procedimentos de testes foram considerados os veículos representativos da frota e a métrica estatística pautado no volume médio diário e na velocidade média de deslocamento da frota.

No que se refere às pesquisas relacionadas à aceitação dos sistemas, foram elaboradas duas metodologias de testes visando à verificação da homogeneidade dos valores medidos pelos diferentes tipos de sensores:

- Testes com veículos do tipo 3C com três carregamentos (vazio, carga intermediária e carga completa) e diversas velocidades. A utilização somente do veículo tipo 3C se justifica por ser o veículo de maior freqüência naquele trecho da rodovia, bem como por proporcionar um teste com relação custo benefício adequado.
- Testes com veículos 2C, 3C, 2S3 e 3S3, com três carregamentos (vazio, carga intermediária e carga completa) e diversas velocidades, levando-se em consideração a velocidade média do trecho em questão. A utilização dos veículos acima se justifica por serem os veículos de maior freqüência naquele trecho da rodovia.

Para enquadramento nas três situações de carregamento acima, foram utilizadas uma balança estática de plataforma, duas balanças estáticas por roda e a balança em movimento a baixa velocidade do posto de pesagem do DNIT (PPV 16/06).

Deste modo, o presente capítulo, visa atender o preconizado no Plano de Trabalho do Convênio TT 102/07 no que se refere a Fase 5 – **Realização de testes em campo com as diversas tecnologias pré-selecionadas** e fornecer subsídios no à fase 6 – **Avaliação dos Dados Coletados**, no que diz respeito a homogeneidade dos dados.

CAPÍTULO 2 – TESTES DOS SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO INSTALADOS

2 TESTES DOS SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO INSTALADOS

A partir da instalação dos sistemas de pesagem na pista experimental, foram feitos uma série de ajustes operacionais visando a realização de testes de aceitação. Os testes de avaliação operacional são um processo necessário para averiguação consistente da uniformização e calibração das leituras feitas pelos sensores/sistemas instalados, dentro de um processo integrado de armazenamento das informações coletadas.

As diretrizes apontadas para a construção da metodologia de testes foram construídas pela equipe técnica considerando, entre outros elementos, as recomendações normatizadas pelo IMMETRO, tais como as constantes na Portaria INMETRO/IMEL/Nº 167.

Na Figura 4 apresenta-se a arquitetura do sistema integrado instalado de forma a propiciar uma visualização global do sitio da pesquisa em desenvolvimento, incluindo elementos de hardware e de software.

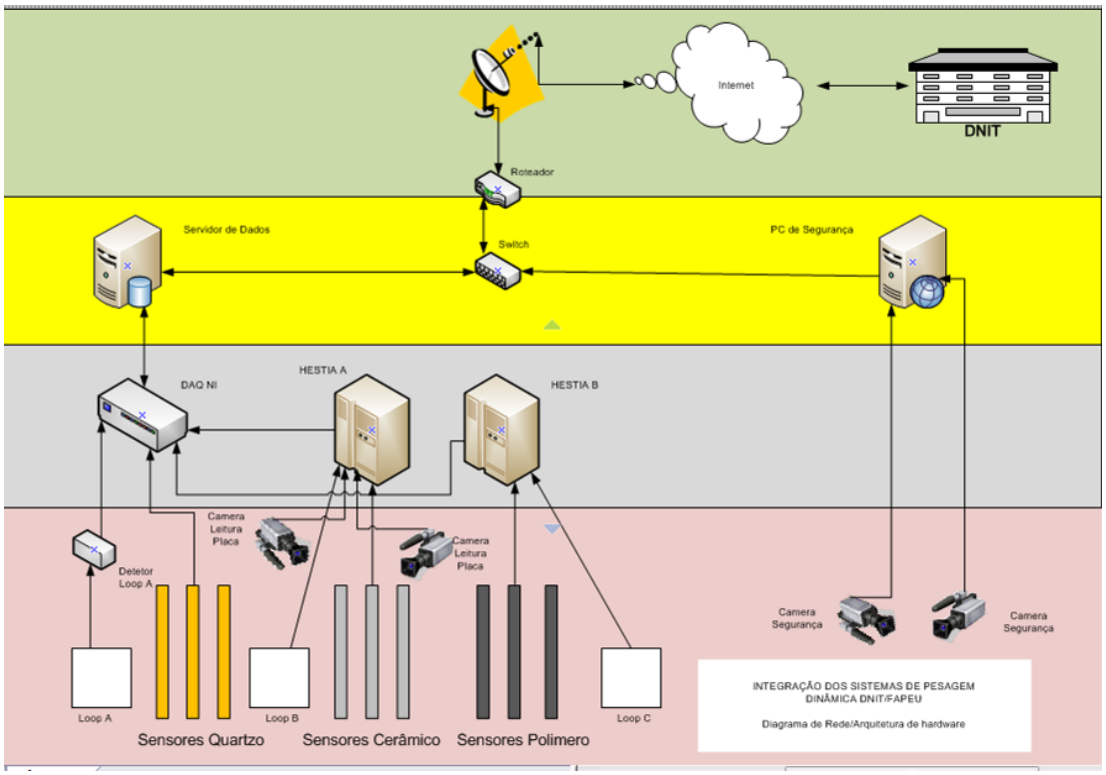


Figura 4 – Diagrama do sistema integrado instalado na pista experimental

Após a finalização da instalação dos equipamentos, deu-se início aos testes de operacionalidade da pista experimental, desviando-se o trafego de carga do fluxo da rodovia para a pista de teste. Foram realizados testes com fluxo não controlado (desviado da via principal) e também um conjunto de testes em condições controladas.

Figura 5 - fotos de caminhão passando pela pista experimental

Para a realização dos testes foi estabelecido um conjunto de diretrizes e premissas, a saber:

- Os testes deverão ser elaborados de forma a demonstrar que aplicada uma mesma carga a todos os sistemas piezelétricos, consecutivamente, todos os sensores e eletrônicas respectivas, produzirão saídas compatíveis com a distribuição estatística esperada (vide teoria de múltiplos sensores – Relatório Modelo Geral do Experimento, Dezembro 2008);
- Os testes deverão abranger corridas de teste a diferentes velocidades e carregamentos, sendo que tais velocidades e carregamentos deverão refletir as condições operacionais da frota no trecho;
- Os testes deverão ser capazes de demonstrar que o tag data/hora é único para os dados levantados de um mesmo veículo, gerado pelo laço indutivo do sistema integrado, setado para tal finalidade.
- Os testes deverão ser capazes de demonstrar que as imagens do vídeo registro, das placas traseira e dianteira, são legíveis e correspondem ao veículo que por último acionou o laço indutivo do sistema integrado, setado para tal finalidade.

- Os relatórios de dados do sistema integrado deverão estar de acordo com o protocolo e formato acordados entre FAPEU, e as empresas parceiras que forneceram os equipamentos de pesagem em movimento.

2.1 Plano de Teste Controlado

A coleta de dados nos testes controlados seguiu um conjunto de parâmetros e especificações geradas pela equipe técnica para permitir a verificação em profundidade do comportamento do hardware e do software incorporados nos sensores e sistemas. Em se tratando de sistemas únicos, especialmente projetados, esta fase foi conduzida com extremo cuidado técnico, obedecendo as seguintes condições metodológicas:

2.1.1 Local

Pista Experimental de 600 metros situada no Km 417,9 a 418,8 da BR-101, sentido Norte/Sul, projetada e construída especificamente para o desenvolvimento da pesquisa experimental de pesagem em movimento.

2.1.2 Veículos utilizados

Os veículos utilizados nos testes devem ser os mais representativos da frota do trecho, os quais foram determinados através de pesquisa de Identificação da Frota realizada entre os dias 24 de junho a 02 de julho de 2008 – BR101Sul Km 418/419, sendo eles: classe 3C com 30,57%, 2S3 com 24,82%, 3S3 com 13,13% e 2C com 11,21%. do total de veículos.

O veículo base utilizado para os testes controlados dos sistemas instalados deverá ser o 3C, sendo que também poderão/deverão ser utilizados os veículos 2C, 2S3 e 3S3.

O Plano de teste para o veículo tipo 3C deve se balizar nos seguintes procedimentos:

1) Três (3) carregamentos (medidos em balança estática, por eixo): Vazio (Tara), Meia-carga (½ PBT legal), e Carga total (PBTC legal);
2) Para cada situação de carregamento o veículo deverá desenvolver Sete (7) Velocidades (km/h): 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80;

3) Para cada uma das situações de testes, deverão ser feitas 10 repetições, totalizando assim 210 passadas com o caminhão 3C na pista de testes.

Para cada uma das 21 situações de testes, com 10 repetições previstas, deverão ser registradas todas as informações referentes a:

- Medida correspondente ao peso de cada eixo em cada sensor;
- Velocidade do veículo;
- Configuração de eixos: nº total de eixos e espaçamento entre eixos consecutivos;
- Classe do veículo;
- Fotos da placas dianteira e traseira;
- Tempo: data, hora, minuto.

Os dados obtidos deverão ser apresentados integrados, no entanto, agrupados em sistemas para cada tecnologia de sensores instalada na pista experimental.

2.1.3 Dados processados

Os dados coletados e processados deverão ser armazenados em arquivos de texto, a partir do sistema integrado. Os mesmos deverão conter as informações pertinentes aos eventos registrados, sendo o mesmo indexado por data (dia/mês/ano) e hora (hora:min:seg) que os identificam.

CAPÍTULO 3 – FORMATO DE SAÍDA DOS DADOS DOS SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

3 FORMATO DE SAÍDA DOS DADOS DOS SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

O presente Capítulo tem por objetivo, apresentar o formato dos dados obtidos pelo sistema de múltiplos sensores, nos diferentes testes realizados com os veículos mais representativos da frota na área da pesquisa.

A arquitetura do hardware e do software instalados no site de pesquisa nos permite obter dados dos esforços sobre o pavimento durante a passagem de um veículo sobre os diversos sensores instalados na pista, fornecendo as seguintes informações:

- Data, hora, minuto e segundo da passagem de um eixo;
- Identificação do veículo e do número de eixos do mesmo;
- Distância entre eixos;
- Classificação dos veículos;
- Fotografia da placa dianteira e traseira do veiculo;
- Peso por eixo;
- Peso bruto total; e
- Velocidade do veículo.

A eletrônica de aquisição dos sinais instalada permite a visualização e armazenamento dos dados oriundos dos sensores de pesagem, na forma de impulsos elétricos, que depois de tratados são processados e convertidos em peso.

Os formatos de saída do sistema permitem a visualização e armazenamento dos dados, de um veículo, informando data, hora e minuto e segundo da passagem de cada eixo sobre cada linha de sensores.

As informações, e as formas de apresentação dos resultados de cada passagem de um veículo sobre os sensores, variam de acordo com a tecnologia de cada tipo de sensor e sistema de pesagem.

3.1 Formato de Saída dos Sensores Piezelétrico Quartzo

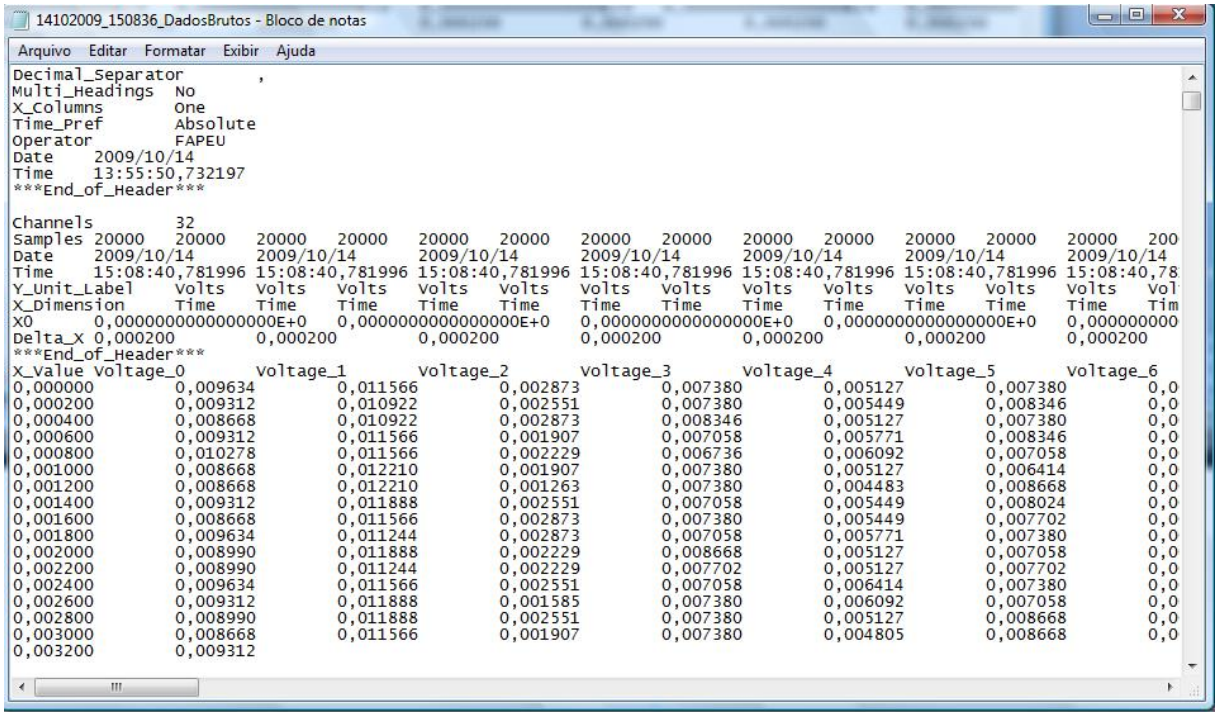
Especificamente para o sistema instalado que utiliza sensores piezelétrico quartzo, em função do desenvolvimento de um sistema específico para coleta e tratamento

dos sinais gerados pelos sensores, é possível ter acesso a três níveis de informações: os dados brutos, os dados corrigidos e os dados processados, os quais serão detalhados a seguir.

3.1.1 Dados brutos

Tendo em vista que cada linha de sensores piezelétrico quartzo é composta por dois sensores independentes, os valores adquiridos quando da passagem de um eixo, representam na realidade os esforços transmitidos ao pavimento, roda a roda; estes valores são analógicos e representam um impulso elétrico gerado quando é aplicada uma força, decorrente da passagem da roda do veículo sobre o sensor.

A Figura 6 apresenta um exemplo de dados brutos coletados. A primeira coluna da tabela representa o tempo, as colunas subseqüentes representam os valores em volts, da passagem de cada roda (direita e esquerda) de todos os eixos, sobre todos os sensores.



14102009_150836_DadosBrutos - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

```
Decimal_Separator        ,
Multi_Headings   No
X_Columns        One
Time_Pref        Absolute
Operator         FAPEU
Date     2009/10/14
Time     13:55:50,732197
***End_of_Header***

Channels         32
Samples 20000    20000    20000    20000    20000    20000    20000    20000    20000    20000    20000    20000    20000    200
Date     2009/10/14       2009/10/14       2009/10/14       2009/10/14       2009/10/14       2009/10/14       2009/10/14
Time     15:08:40,781996 15:08:40,781996 15:08:40,781996 15:08:40,781996 15:08:40,781996 15:08:40,781996 15:08:40,78
Y_Unit_Label     Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Volts    Vol
X_Dimension      Time     Time     Time     Time     Time     Time     Time     Time     Time     Time     Time     Time     Tim
X0       0,0000000000000000E+0    0,0000000000000000E+0    0,0000000000000000E+0    0,0000000000000000E+0    0,000000000
Delta_X 0,000200         0,000200         0,000200         0,000200         0,000200         0,000200         0,000200
***End_of_Header***
X_Value Voltage_0        Voltage_1        Voltage_2        Voltage_3        Voltage_4        Voltage_5        Voltage_6
0,000000         0,009634         0,011566         0,002873         0,007380         0,005127         0,007380         0,0
0,000200         0,009312         0,010922         0,002551         0,007380         0,005449         0,008346         0,0
0,000400         0,008668         0,010922         0,002873         0,008346         0,005127         0,007380         0,0
0,000600         0,009312         0,011566         0,001907         0,007058         0,005771         0,008346         0,0
0,000800         0,010278         0,011566         0,002229         0,006736         0,006092         0,007058         0,0
0,001000         0,008668         0,012210         0,001907         0,007380         0,005127         0,006414         0,0
0,001200         0,008668         0,012210         0,001263         0,007380         0,004483         0,008668         0,0
0,001400         0,009312         0,011888         0,002551         0,007058         0,005449         0,008024         0,0
0,001600         0,008668         0,011566         0,002873         0,007380         0,005449         0,007702         0,0
0,001800         0,009634         0,011244         0,002873         0,007058         0,005771         0,007380         0,0
0,002000         0,008990         0,011888         0,002229         0,008668         0,005127         0,007058         0,0
0,002200         0,008990         0,011244         0,002229         0,007702         0,005127         0,007702         0,0
0,002400         0,009634         0,011566         0,002551         0,007058         0,006414         0,007380         0,0
0,002600         0,009312         0,011888         0,001585         0,007380         0,006092         0,007058         0,0
0,002800         0,008990         0,011888         0,002551         0,007380         0,005127         0,008668         0,0
0,003000         0,008668         0,011566         0,001907         0,007380         0,004805         0,008668         0,0
0,003200         0,009312
```

Figura 6 – Exemplo de dados brutos do sistema piezelétrico quartzo

3.1.2 Dados corrigidos

Os dados brutos, que são valores analógicos sob forma de impulso elétrico, são digitalizados, corrigidos e explicitados em força (N), os quais são nominados de dados corrigidos.

A Figura 7 apresenta um exemplo de dados corrigidos, sendo que primeira coluna refere-se ao tempo e as colunas subseqüentes representam os valores em força (N), da passagem de cada roda (direita e esquerda) de todos os eixos, sobre todos os sensores.

14102009_150400_DadosCorrigidos - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

Tempo 'segundos'	Sensor 0 'Newton'	Sensor 1 'Newton'	Sensor 2 'Newton'	Sensor 3 'Newton'	Sensor 4 'Newton'	Sensor 5 'Newton'	Sensor 'Newt
0,000000	-0,003514	-0,002689	-0,002690	-0,004647	-0,002887	-0,002778	-0,00
0,000200	-0,003510	-0,002606	-0,002699	-0,004719	-0,002836	-0,002766	-0,00
0,000400	-0,003569	-0,002520	-0,002825	-0,004797	-0,002832	-0,002697	-0,00
0,000600	-0,003669	-0,002521	-0,002851	-0,004821	-0,002889	-0,002710	-0,00
0,000800	-0,003768	-0,002582	-0,002809	-0,004837	-0,002990	-0,002780	-0,00
0,001000	-0,003744	-0,002712	-0,002810	-0,004908	-0,002997	-0,002797	-0,00
0,001200	-0,003727	-0,002801	-0,002780	-0,004836	-0,002911	-0,002808	-0,00
0,001400	-0,003716	-0,002772	-0,002791	-0,004757	-0,002852	-0,002907	-0,00
0,001600	-0,003617	-0,002692	-0,002827	-0,004853	-0,002842	-0,002943	-0,00
0,001800	-0,003581	-0,002549	-0,002793	-0,004979	-0,002866	-0,002908	-0,00
0,002000	-0,003586	-0,002481	-0,002769	-0,004974	-0,002913	-0,002823	-0,00
0,002200	-0,003590	-0,002495	-0,002693	-0,004851	-0,002975	-0,002706	-0,00
0,002400	-0,003592	-0,002504	-0,002611	-0,004827	-0,002987	-0,002716	-0,00
0,002600	-0,003624	-0,002540	-0,002646	-0,004781	-0,002965	-0,002784	-0,00
0,002800	-0,003646	-0,002595	-0,002669	-0,004660	-0,002980	-0,002860	-0,00
0,003000	-0,003570	-0,002632	-0,002685	-0,004637	-0,003021	-0,002912	-0,00
0,003200	-0,003488	-0,002657	-0,002696	-0,004682	-0,002927	-0,002917	-0,00
0,003400	-0,003493	-0,002644	-0,002703	-0,004712	-0,002802	-0,002829	-0,00
0,003600	-0,003526	-0,002605	-0,002738	-0,004763	-0,002839	-0,002740	-0,00
0,003800	-0,003580	-0,002639	-0,002792	-0,004768	-0,002925	-0,002709	-0,00
0,004000	-0,003616	-0,002662	-0,002768	-0,004741	-0,003044	-0,002719	-0,00
0,004200	-0,003610	-0,002618	-0,002722	-0,004782	-0,003217	-0,002785	-0,00
0,004400	-0,003667	-0,002617	-0,002751	-0,004811	-0,003273	-0,002801	-0,00
0,004600	-0,003675	-0,002617	-0,002860	-0,004830	-0,003220	-0,002811	-0,00
0,004800	-0,003650	-0,002647	-0,002935	-0,004903	-0,003123	-0,002939	-0,00
0,005000	-0,003725	-0,002667	-0,002895	-0,004923	-0,003118	-0,002935	-0,00
0,005200	-0,003745	-0,002591	-0,002899	-0,004936	-0,003115	-0,002781	-0,00
0,005400	-0,003728	-0,002570	-0,002901	-0,004945	-0,003082	-0,002677	-0,00
0,005600	-0,003717	-0,002585	-0,002753	-0,004831	-0,003090	-0,002697	-0,00
0,005800	-0,003709	-0,002595	-0,002622	-0,004754	-0,003035	-0,002771	-0,00
0,006000	-0,003734	-0,002632	-0,002593	-0,004701	-0,002967	-0,002790	-0,00
0,006200	-0,003721	-0,002627	-0,002603	-0,004635	-0,002951	-0,002895	-0,00
0,006400	-0,003590	-0,002594	-0,002640	-0,004711	-0,002940	-0,002935	-0,00
0,006600	-0,003501	-0,002601	-0,002665	-0,004852	-0,002872	-0,002842	-0,00
0,006800	-0,003563	-0,002547	-0,002712	-0,004888	-0,002825	-0,002718	-0,00
0,007000	-0,003665	-0,002480	-0,002744	-0,004822	-0,002824	-0,002574	-0,00
0,007200	-0,003704	-0,002464	-0,002736	-0,004778	-0,002854	-0,002566	-0,00
0,007400	-0,003670	-0,002543	-0,002730	-0,004778	-0,002935	-0,002651	-0,00

Figura 7 – Exemplo de dados corrigidos do sistema piezelétrico quartzo

3.1.3 Dados processados

Os dados corrigidos que apresentam os valores da força em N exercida em cada sensor por cada eixo passante são convertidos e apresentados na forma de peso por eixo e peso bruto total.

A Figura 8 apresenta um exemplo de dados processados, sendo cada coluna apresenta a massa em kg de um eixo do veículo e cada linha um par de sensores piezelétrico quartzo.

14102009_150706_DadosProcessados - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Linha 1	2541,424	3285,555	4461,027
Linha 2	2730,292	5416,316	4138,254
Linha 3	2821,367	4341,533	4802,818
Linha 4	2736,088	4095,494	3524,514
Linha 5	2863,410	3938,810	4165,456
Linha 6	2849,819	5293,157	3678,691
Linha 7	2543,152	4132,156	5051,887
Linha 8	2518,494	3995,266	3841,614
Linha 9	2496,311	4905,144	4255,146
Linha 10	2948,695	4070,120	4357,690
Linha 11	2906,272	4935,334	3372,485
Linha 12	2408,766	3972,595	4391,639
Linha 13	2796,969	5635,960	4095,256
Linha 14	2752,360	4314,787	4735,499
Linha 15	2915,174	4182,427	3376,732
Linha 16	2880,256	4841,464	5041,586

Figura 8 – Exemplo de dados processados com valores expressos em massa (kg)

3.2 Formato de Saída dos Sensores Piezelétrico Cerâmico

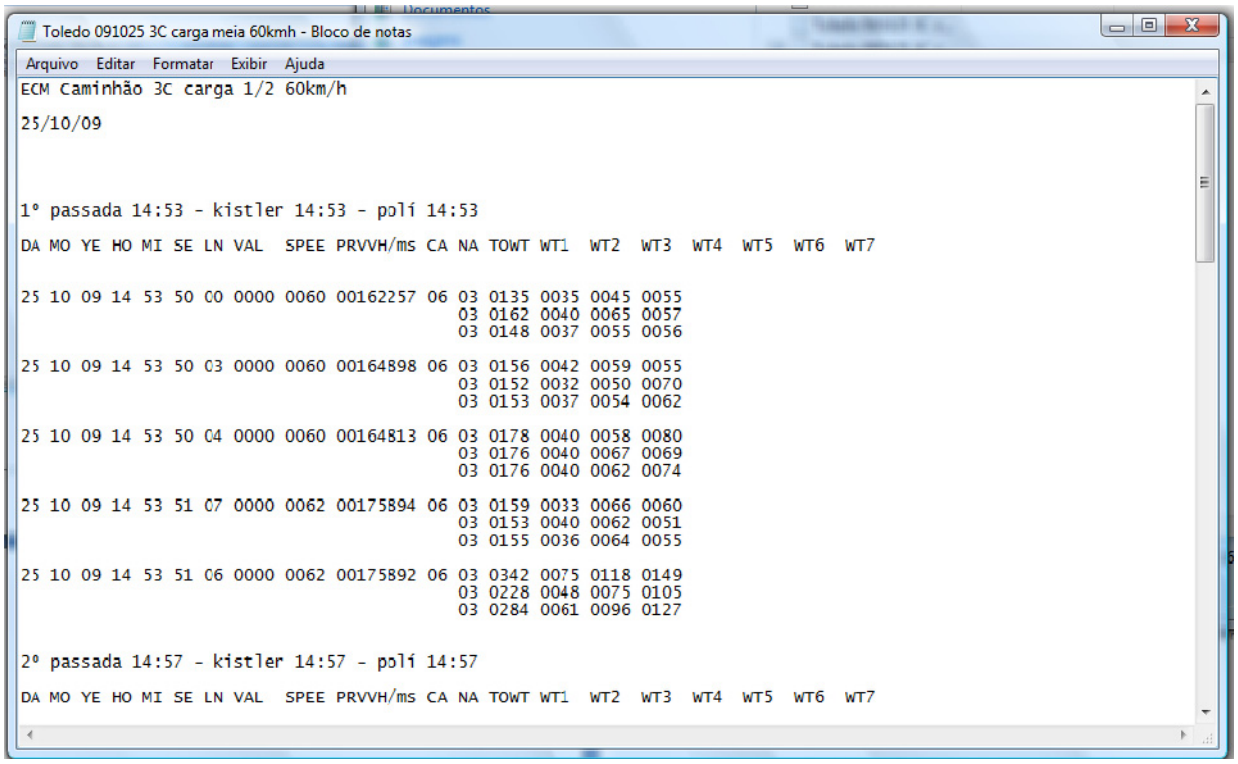
O sistema de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores piezelétricos cerâmico e laços indutivos geram um conjunto de informações que são captados e tratados pela Estação HESTIA, que vem a ser a eletrônica que comanda o sistema piezelétrico cerâmico.

A Figura 9 retrata o formato da saída do sistema piezelétrico cerâmico, onde cada coluna da esquerda para a direita, representa respectivamente:

- Dia;
- Mês;
- Ano;
- Hora;
- Minuto;
- Segundo;
- Linha;
- Validade;
- Velocidade;
- Tempo em ms;
- Categoria do veículo;
- Nº eixos;

- PBT;
- Peso eixo 1;
- Peso eixo 2;
- Peso eixo 3;
- Peso eixo n

Cada linha representa um conjunto de 02 sensores em função da arquitetura de instalação. Dessa forma os dados referentes a: nº de eixos; PBT; e peso por eixo são apresentados individualmente para cada sensor e também é apresentada a média dos valores obtidos pelos dois sensores.



Toledo 091025 3C carga meia 60kmh - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

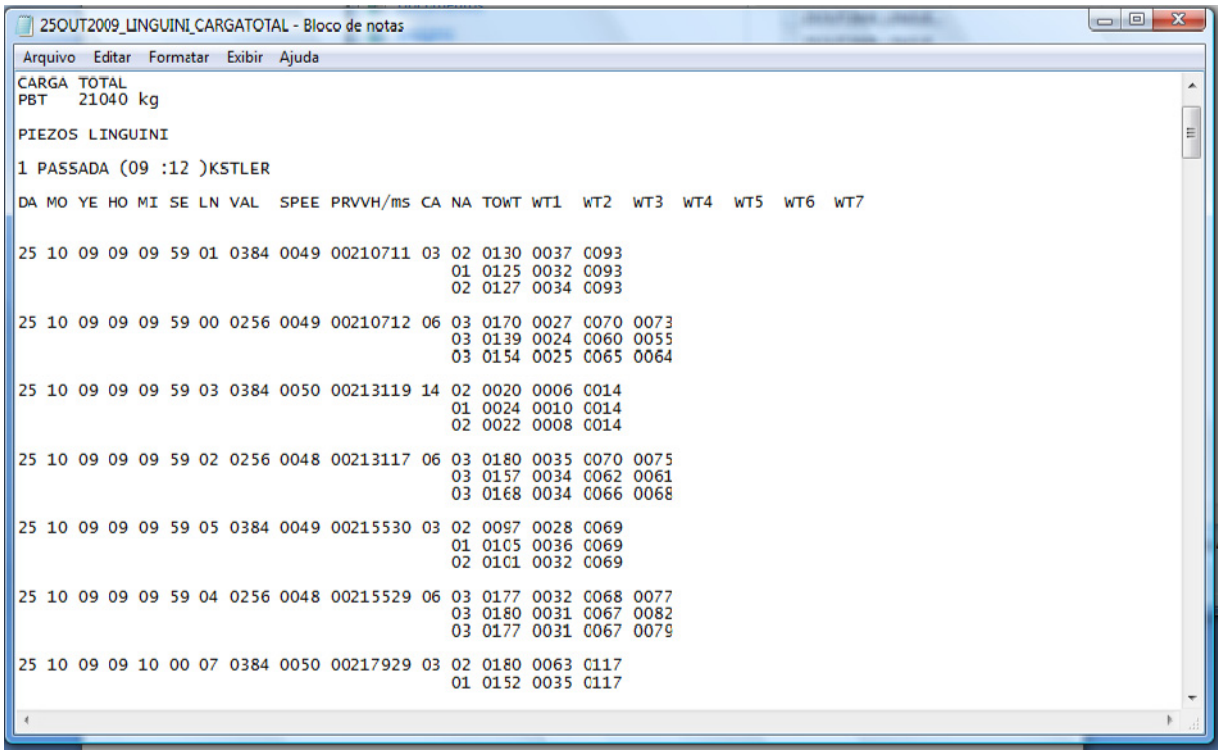
```
ECM Caminhão 3C carga 1/2 60km/h

25/10/09



1º passada 14:53 - kistler 14:53 - polí 14:53

DA MO YE HO MI SE LN VAL  SPEE PRVVH/ms CA NA TOWT WT1  WT2  WT3  WT4  WT5  WT6  WT7


25 10 09 14 53 50 00 0000 0060 00162257 06 03 0135 0035 0045 0055
                                         03 0162 0040 0065 0057
                                         03 0148 0037 0055 0056

25 10 09 14 53 50 03 0000 0060 00164898 06 03 0156 0042 0059 0055
                                         03 0152 0032 0050 0070
                                         03 0153 0037 0054 0062

25 10 09 14 53 50 04 0000 0060 00164813 06 03 0178 0040 0058 0080
                                         03 0176 0040 0067 0069
                                         03 0176 0040 0062 0074

25 10 09 14 53 51 07 0000 0062 00175894 06 03 0159 0033 0066 0060
                                         03 0153 0040 0062 0051
                                         03 0155 0036 0064 0055

25 10 09 14 53 51 06 0000 0062 00175892 06 03 0342 0075 0118 0149
                                         03 0228 0048 0075 0105
                                         03 0284 0061 0096 0127


2º passada 14:57 - kistler 14:57 - polí 14:57

DA MO YE HO MI SE LN VAL  SPEE PRVVH/ms CA NA TOWT WT1  WT2  WT3  WT4  WT5  WT6  WT7
```

Figura 9 – Formato da saída do sistema de pesagem em movimento com a utilização de sensores piezelétrico cerâmicos

3.3 Formato de Saída dos Sensores Piezelétrico Polímero

O sistema de pesagem em movimento que utiliza múltiplos sensores piezelétrico polímero e laços indutivos geram um conjunto de informações que são captados e tratados por uma Estação HESTIA com as mesmas características da utilizada nos sensores piezelétrico cerâmico.

A Figura 10 mostra um exemplo de formato da saída do sistema piezelétrico polímero, o qual apresenta o mesmo conjunto de informações de saída do sistema piezelétrico cerâmico (ver item 3.2)



```
25OUT2009_LINGUINI_CARGATOTAL - Bloco de notas
Arquivo  Editar  Formatar  Exibir  Ajuda
CARGA TOTAL
PBT   21040 kg

PIEZOS LINGUINI

1 PASSADA (09 :12 )KSTLER

DA MO YE HO MI SE LN VAL  SPEE PRVVH/ms CA NA TOWT WT1  WT2  WT3  WT4  WT5  WT6  WT7


25 10 09 09 09 59 01 0384 0049 00210711 03 02 0130 0037 C093
                                           01 0125 0032 C093
                                           02 0127 0034 C093

25 10 09 09 09 59 00 0256 0049 00210712 06 03 0170 0027 C070 0073
                                           03 0139 0024 C060 0055
                                           03 0154 0025 C065 0064

25 10 09 09 09 59 03 0384 0050 00213119 14 02 0020 0006 C014
                                           01 0024 0010 C014
                                           02 0022 0008 C014

25 10 09 09 09 59 02 0256 0048 00213117 06 03 0180 0035 C070 0075
                                           03 0157 0034 C062 0061
                                           03 0168 0034 C066 0068

25 10 09 09 09 59 05 0384 0049 00215530 03 02 0097 0028 C069
                                           01 0105 0036 C069
                                           02 0101 0032 C069

25 10 09 09 09 59 04 0256 0048 00215529 06 03 0177 0032 C068 0077
                                           03 0180 0031 C067 0082
                                           03 0177 0031 C067 0079

25 10 09 09 10 00 07 0384 0050 00217929 03 02 0180 0063 C117
                                           01 0152 0035 C117
```

Figura 10- Exemplo de formato da saída do sistema piezelétrico polímero

3.4 Visualização dos Resultados dos Testes em Tempo Real

Além dos dados gerados pelos sistemas instalados serem armazenados em uma base de dados em formatos compatíveis com os usos requeridos, o sistema integrado desenvolvido possibilita a visualização das informações geradas em tempo real. A Figura 11 mostra a tela do sistema que permite o acompanhamento em tempo real das informações geradas pela passagem dos veículos de carga. Na tela apresentada é possível identificar graficamente o tipo de caminhão, seu PBT, as fotos das placas dianteira e traseira e a sua velocidade. Pode-se ver também um gráfico que mostra a força exercida pelos eixos no sensor num determinado instante de tempo além da distância entre eixos e do peso por eixo.

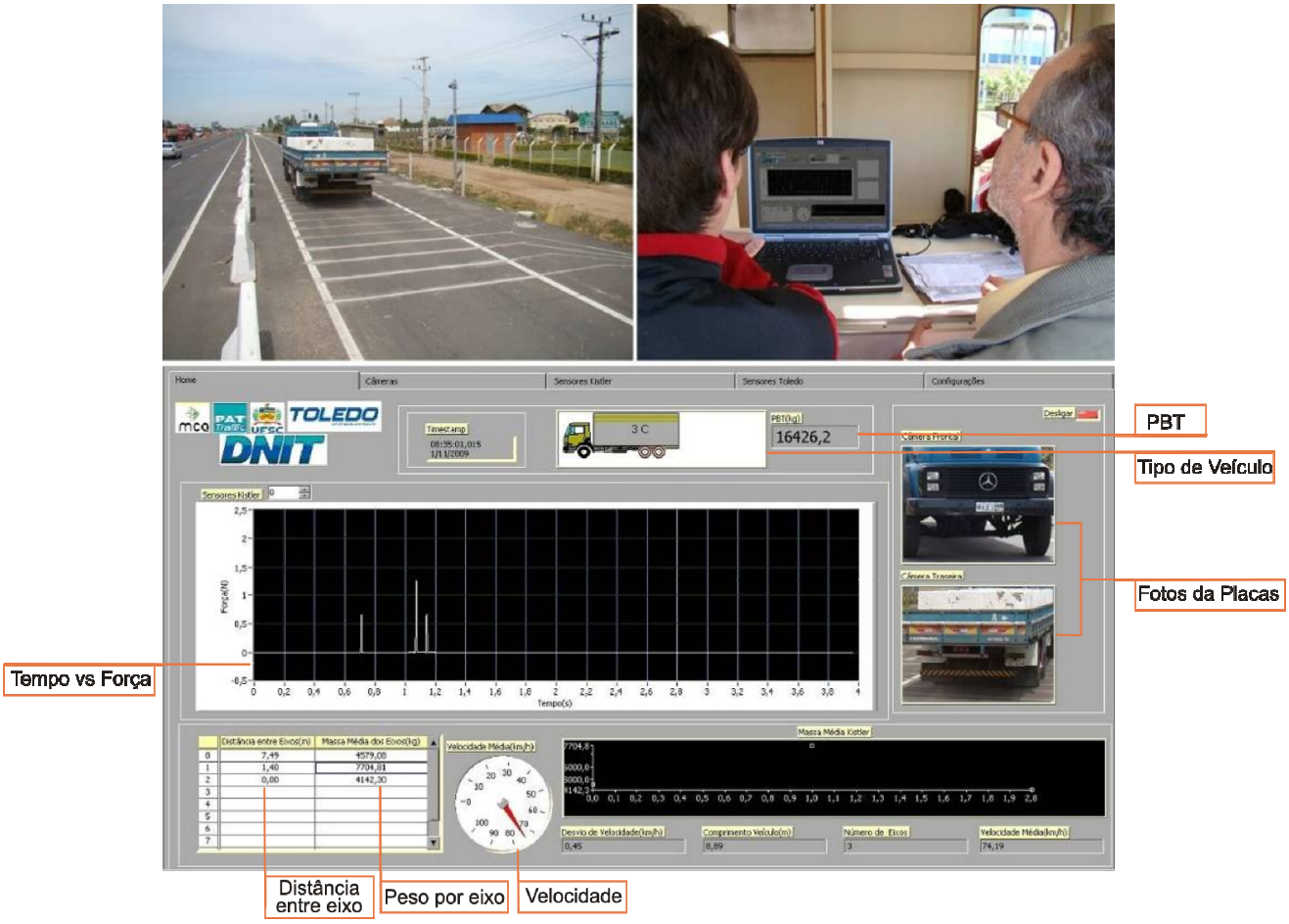


Figura 11 – Visualização dos resultados em tempo real

CAPÍTULO 4 – TESTES DOS SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO INSTALADOS

4 TESTES DOS SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO INSTALADOS

Com base nos procedimentos estabelecidos na metodologia apresentada no Capítulo 2 do presente Relatório, foram realizadas diversas baterias de testes com o intuito de avaliar a operacionalidade e a consistência dos sistemas instalados na pista experimental. Além da apresentação dos resultados obtidos nos testes realizados, faz-se uma avaliação crítica dos mesmos, frente às diretrizes e premissas apresentadas no Capitulo 2, visando validar os conjuntos de dados coletados, os quais serão que serão analisados e avaliados e os resultados apresentados na Fase 6 - Relatório de Avaliação dos Resultados Obtidos, do presente convênio.

Via de regra, os testes realizados foram em condições controladas, as quais serão detalhadas individualmente para cada situação vivenciada. Por vezes, em função de situações de contorno encontradas, decorrentes da logística e da própria (não)operacionalidade dos sistemas instalados, os testes não se ativeram a todas diretrizes estabelecidas na metodologia, sendo atendidas de forma parcial. Estas situações são esperadas e previstas no desenvolvimento projetos de pesquisa, como o em questão, que buscam desenvolver ferramentas e soluções para otimizar e racionalizar modelos de sistema de pesagem de veículos de cargas em rodovias adaptados as condições brasileiras. Isso reforça a necessidade de um acompanhamento e avaliação sistemáticos dos sistemas instalados na pista experimental de forma a promover os ajustes necessários e os modelos operacionais e de controle para a sua efetiva utilização como o tráfego normal da via.

4.1 Realização dos Testes

Durante o período de agosto a outubro de 2009 foram realizadas várias baterias de testes controlados que serviram para avaliar as condições operacionais dos sistemas instalados, visando promover ajustes técnicos relacionados ao hardware e software instalados para coletar um conjunto de informações para avaliar a homogeneidade e consistência das leituras dos sensores instalados.

Dentre os testes realizados, serão apresentados neste relatório os realizados no período de:

1) 17 e 18 de agosto de 2009
2) 14 de outubro de 2009
3) 25 de outubro de 2009
4) 25 a 27 de novembro de 2009

4.1.1 Testes realizados nos dias 17 e 18 de agosto de 2009

Os testes foram realizados utilizando um veículo do tipo 3C, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 – Veículo 3C realizando testes controlados

O veículo de testes foi carregado com carga total, distribuída de forma uniforme e foi pesado na balança de trânsito lento do Posto de Pesagem (PPV 16.06), sendo realizadas duas passadas. Os resultados são apresentados na Tabela 1

Tabela 1 - Peso por eixo e PBT do Veículo 3C utilizado para testes dos sistemas de pesagem instalados na pista experimental, realizados nos dia 17 e 18/08/2009.

Pesagem	Massa em Kg		
	Eixo 1	Eixo em Tandem	PBT
1ª Pesagem	4130	10713	14840
2 Pesagem	4120	10840	14960

As atividades programadas e realizadas no primeiro dia de testes (17/08/09) estão apresentadas a seguir:

- Foram programadas e realizadas 10 rodadas ininterruptas, sem ajustes nos sistemas, com o caminhão a 40 km;
- Foram programadas e realizadas 10 rodadas ininterruptas, sem ajustes nos sistemas, com o caminhão a 60km;
- Foram programadas 10 rodadas ininterruptas, e realizadas somente 5 sem ajustes nos sistemas, com o caminhão a 80km;
- Foram programadas e realizadas 3 rodadas na velocidade de 80 km com o propósito específico de demonstrar o funcionamento do sistema de vídeo-auditoria

Durante a realização dos testes ocorreram variações de velocidades e as velocidades programadas nem sempre foram atingidas, sendo que as velocidades reais estão apresentadas junto com os dados coletados.

As atividades programadas e realizadas no segundo dia de testes (18/08/09) estão apresentadas a seguir:

- Foram programadas e realizadas 10 rodadas ininterruptas, sem ajustes nos sistemas, com o caminhão a 40 km;
- Foram programadas e realizadas 10 rodadas ininterruptas, sem ajustes nos sistemas, com o caminhão a 60≈70 km

Da mesma forma que no primeiro dia de testes(17/08) a velocidade programada nem sempre foi atingida.

4.1.1.1 Observações sobre os testes realizados

Durante os testes foi coletado um conjunto de informações que delinearam as condições de sua realização, a saber:

- Quanto ao carregamento do veículo 3C, o mesmo foi realizado de acordo com o previsto;
- Com relação aos sensores, propriamente ditos, aparentemente, estavam funcionando dentro dos padrões esperados;
- No que tange à aquisição de dados observou-se o sistema piezelétrico quartzo estava operacional, o sistema piezelétrico polímero não estava operacional; e o sistema piezelétrico cerâmico apresentava comportamento errático e não apresentava correlação (*tag* data/hora). Como não existe o laço indutivo que sinalizaria o final da leitura do sistema piezelétrico quartzo, o período de aquisição de dados deste sistema foi fixado em 4 segundos a partir do *trigger* inicial gerado pelo primeiro laço indutivo;
- No que se refere ao processamento de dados foi observado que o sistema piezelétrico quartzo apresentou todas as medidas por eixo/sensor, distância entre eixos correta, bem como a classificação do veículo de acordo com o quadro de fabricantes de veículo; as velocidades observadas não apresentaram dados confiáveis; o sistema piezelétrico cerâmico tendo em vista seu comportamento errático quanto à aquisição de dados, teve seu processamento de dados comprometido;
- O sistema de vídeo auditoria na estava operacional, portanto não houve geração de imagem; foi realizada apenas uma demonstração do funcionamento das câmeras do sistema de vídeo tendo sido necessário para tanto desativar o laço indutivo (*trigger*) de pesagem e utilizá-lo para disparar as câmeras;
- O sistema de integração de dados não estava operacional em função do problema de identificação de protocolo de comunicação dos sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero.
- No que tange ao sistema piezelétrico quartzo, apesar de instalados fisicamente 12 linhas de sensores, (24 sensores de 1,75 m) somente 8 linhas foram conectadas ao amplificador de carga face a sua limitação de capacidade. Assim, nas Tabelas 2 e 3 somente conterão dados consolidados de 8 linhas de sensores piezelétrico quartzo.
- As velocidades programadas não foram na maioria das vezes atingidas, em função da condição do veículo de teste e da extensão da pista de teste.

4.1.1.2 Dados consolidados do sistema piezelétrico quartzo

As Tabelas 2 e 3 apresentam os valores consolidados por eixo (eixo 1, 2 e 3) obtidos junto ao sistema piezelétrico quartzo, referente as diferentes passadas. Os dados apresentados referem-se a apenas 8 linhas de sensores do sistema piezelétrico quartzo.

Os valores observados apresentaram, como esperado, variações relativamente pequenas de sensor a sensor, principalmente àquelas referentes ao 1º eixo.

Observa-se também, que as diferentes velocidades, indicadas na ultima linha das tabelas, pouco influenciaram nos valores obtidos.

Tabela 2 - Dados de massa por eixo obtidos no sistema piezelétrico quartzo no dia 17/08/09

Eixo	Linha	Massa em Kg																								
		Número da Passadas																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1	3903	3936	3880	3675	3908	3852	3811	3737	3602	3705	3667	3599	3668	3692	3775	3810	3882	3835	3792	3791	3805	3971	3860	3790	3916
	2	3645	3771	3782	3715	3625	3671	3653	3756	3663	3583	3717	3725	3701	3720	3866	3920	3868	3807	3631	3798	3747	3719	3808	4017	3848
	3	3343	3425	3380	3626	3448	3514	3611	3831	3733	3709	3898	3714	3657	3753	3847	3729	3481	3508	3709	3728	3701	3642	3624	3797	3782
	4	3613	3671	3562	3923	3962	4074	4056	3951	3880	3876	3825	3698	3665	3688	3716	3647	3737	3886	3809	3758	3716	3895	3739	4009	3688
	5	3369	3354	3446	3681	3539	3707	3515	3667	3494	3490	3410	3527	3470	3458	3582	3541	3586	3642	3552	3407	3375	3083	3135	3448	3355
	6	3578	3633	3784	3702	3744	3824	3646	4033	3742	3767	3858	3869	3714	3785	3911	3764	3593	3611	3581	3670	3733	3665	3524	3655	3842
	7	3884	3976	3799	3796	3895	3968	3859	3963	3669	3990	3674	3583	3568	3702	3608	3590	3633	3592	3714	3705	3848	3679	3627	4114	3479
	8	3632	3557	3301	3084	3276	3401	3267	3173	3255	3285	3273	3209	3289	3323	3143	3320	3564	3518	3393	3529	3226	3356	3378	3191	3275
2	1	7198	7195	6206	6798	6868	7223	7268	6247	6859	7337	6837	7255	6967	7163	6510	6405	6719	7630	7611	7008	6692	6938	6975	7093	6433
	2	6442	6421	6915	6933	6251	6456	6456	6669	6452	6480	6297	6348	6376	6226	6943	7144	6649	6064	5853	6350	6901	6859	6691	6496	6810
	3	5883	5825	6006	5608	6492	5704	6061	6592	6187	5682	6830	6416	6386	6343	6145	6413	6405	6328	6380	6629	6115	6040	6687	6609	5756
	4	6182	6456	6216	6359	6296	6580	6763	5883	6415	6764	6540	6777	6694	6837	6387	5927	6531	7158	7152	6835	6174	6868	6245	6275	6426
	5	6441	6164	6670	6804	6356	6643	6455	6002	6598	6720	6405	6415	6476	6087	6565	6596	6757	6078	5915	6134	6732	5888	5971	5811	5548
	6	6519	6866	6421	6611	6980	6410	6521	7303	6858	6175	7029	6562	6367	6161	6886	7178	6481	6296	6140	6412	6805	6138	6028	6416	6471
	7	7243	6787	6809	6702	6824	6748	6818	6994	6607	6656	6795	6717	6934	7338	6552	6285	6651	7525	7288	7129	6220	6755	6485	6300	6267
	8	5761	5746	5701	5966	5553	5943	5816	5302	5793	6448	5648	5617	6112	5903	5771	5833	6181	6343	5972	5893	5887	5763	5727	5446	5302
3	1	4227	4869	4489	4523	4994	5007	4579	4787	4580	4663	4223	4964	4122	3982	4626	5124	5375	4530	4362	4705	4989	5342	4550	5086	5053
	2	4165	4604	4407	4275	4855	4199	4475	5246	4399	4072	5160	4766	4516	5069	4797	4402	4222	4657	4769	5101	4064	4287	4903	4865	4184
	3	4753	4258	5073	4885	4258	4476	5259	3871	4886	5237	4739	4380	5253	5114	4386	4141	4073	4772	4862	4504	4384	4639	4009	4317	4192
	4	4567	5167	4679	4668	4731	5000	4643	4352	5269	4922	4271	4955	4505	3995	4488	4809	5129	4307	4171	4304	4791	4520	4507	4298	4239
	5	4607	4791	4267	3779	4357	3925	3862	4756	3910	3500	4548	4034	3653	4012	4249	4120	3929	4172	4145	2123	4001	4130	4146	4006	3846
	6	4665	4057	4657	4445	3831	4254	4663	4118	4026	4533	4100	3958	4417	4783	4542	4052	3851	4548	4874	4587	4300	4091	3899	4334	4212
	7	4351	4678	4766	4840	4458	4959	4524	4207	4880	5142	4462	4650	5071	4694	4972	5231	5521	4828	4517	4562	4955	4875	4722	4058	4386
	8	4049	4368	4203	3899	4621	4317	4184	4317	4678	4001	4684	4968	4306	4314	4361	4423	4735	4660	4437	4659	4228	4079	3840	4264	3886
Vel. (Km/h)		39	41	42	42	42	43	41	43	49	51	52	52	55	55	55	56	56	55	67	72	57	76	53	37	55

Tabela 3- Dados de massa por eixo obtidos no sistema piezelétrico quartzo no dia 18/08/09

Eixo	Linha	Massa em Kg																			
		Número da Passadas																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	3942	3695	3652	3421	3700	3697	3571	3675	3681	3844	3704	3866	3814	3808	3792	3707	3852	3667	3672	3726
	2	4048	4028	3760	3998	3629	3842	3922	3750	3546	3683	3688	3544	3592	3602	3542	3633	3354	3635	3549	3595
	3	3447	3586	3731	3845	3830	3689	3763	3872	3921	3989	3673	3586	3578	3545	3557	3551	3550	3517	3595	3539
	4	3746	3605	3580	3639	3766	3718	3611	3721	3812	4066	3790	3825	3763	3947	3851	3875	3799	3781	3671	3844
	5	3618	3665	3780	3446	3463	3538	3300	3300	3315	3341	3570	3595	3589	3592	3813	3640	3933	3614	3648	3504
	6	3514	3599	3587	3884	3711	3615	3766	3760	3906	3905	3795	3791	3722	3746	3726	3664	3673	3775	3774	3785
	7	3542	3345	3624	3512	3785	3481	3577	3614	4027	3842	3677	3747	3723	3688	3862	3591	3747	3761	3772	3731
	8	3820	3509	3562	3346	3342	3433	3325	3125	3135	3277	3102	3236	3286	3253	3318	3395	3466	3292	3263	3307
2	1	7128	6667	6488	7163	7390	6762	6389	6288	7027	6874	6371	7221	6841	7157	7391	6616	6885	6933	7046	7000
	2	6794	6890	6605	5908	5846	6708	7158	6789	5987	5716	6879	6768	6481	6579	6274	7011	5733	6974	6478	6385
	3	6018	6472	6618	6756	6430	6288	6675	6646	6202	6406	6342	6132	6437	6278	5681	6477	6274	6180	6517	6450
	4	6593	6213	6421	6911	7246	6381	5933	6304	6796	6959	6073	6345	6502	6346	6807	5918	6539	6291	6312	6419
	5	6687	6436	6424	5637	6072	6686	6619	6433	5829	5886	6481	6457	6287	6365	6331	6559	6123	6567	6336	6113
	6	6263	6662	6437	6396	5967	6335	6961	6812	6336	6298	6901	6499	6554	6793	6024	6955	6458	6417	6703	6487
	7	6333	6416	6820	7558	7402	6608	5986	6551	7359	7432	6870	6621	6994	6561	7004	6398	6978	6646	6822	6911
	8	6564	6277	6243	5710	6120	6068	5913	5929	5528	5955	5774	5876	5589	5771	5879	5910	5686	6093	5974	5734
3	1	5149	4970	4965	4038	4065	5284	5105	4947	3982	3879	4912	5346	4544	5244	4368	5092	4268	4409	4899	4774
	2	3841	4194	4620	5057	4762	4262	4120	4976	5293	5290	4731	4418	4366	4404	4769	4261	4429	4267	4618	4560
	3	4821	4661	4141	4886	5205	4753	4397	4545	4639	5325	4650	4430	5065	4246	5047	4719	4304	5332	4280	4836
	4	5188	4933	4636	3981	3978	5223	5076	4659	3798	3761	4989	4727	4554	4959	4335	5010	4272	4619	4845	4826
	5	3518	3700	4258	4405	4030	3589	3877	4263	4240	4286	4216	4059	4090	4467	4115	4114	4689	3940	1974	4070
	6	4186	4347	3696	4972	4816	4173	3702	3827	4742	5064	4390	4089	4543	4122	4656	4409	4141	4705	4074	4331
	7	5559	5408	5137	4277	4775	5507	5238	4840	4334	4211	4796	4552	4462	4635	4477	4983	4266	4859	4382	4757
	8	4023	4567	4960	4573	4487	4327	4728	4821	4477	4281	4056	4654	4297	4827	4497	4247	5118	4089	4679	4379
Velocidade em km/h		42	43	42	42	43	44	44	45	45	46	44	58	59	60	60	60	60	60	60	60

4.1.2 - Testes realizados no dia 14 de outubro de 2009

Os testes do dia 14 de outubro de 2009 tiveram por objetivo coletar informações do sistema piezelétrico quartzo, agora com todas as 16 linhas de sensores instaladas. O teste foi realizado com o caminhão 3C do DNIT em três velocidades: 30 km/h; 40 km/h; 50 km/h (Figura 13).

Figura 13 - Veículo 3C em teste

Um único carregamento foi adotado em todas as passadas variando-se as pressões dos pneus. Na primeira sequência de teste foi adotada uma pressão de 60 psi, e na segunda sequência foi adotada a pressão de 80 psi. Desta forma foram programadas e realizadas:

- 20 passadas a 30 km/h sendo 10 com psi de 60 e 10 com psi de 80;
- 20 passadas a 40 km/h sendo 10 com psi de 60 e 10 com psi de 80;
- 20 passadas a 50 km/h sendo 10 com psi de 60 e 10 com psi de 80.

Os testes foram realizados utilizando um veículo do tipo 3C, sendo que o mesmo foi pesado à carga plena, nos seguintes sistemas (ver Figuras 14 e 15):

- Balança de plataforma estática
- Balança de transito lento do Posto de Pesagem
- Balança estática por eixo

Figura 14 - Pesagem do veículo 3C na balança estática de plataforma

Figura 15 - Pesagem veículo 3C na balança estática por eixo

A Tabela 4 apresenta os diversos valores em quilogramas encontrados para os três tipos de medição efetuados.

Tabela 4 - Peso por eixo e PBT do Veículo 3C utilizado para testes dos sistemas de pesagem instalados na pista experimental, realizados em 14/10/2009.

Pesagem	Massa em Kg			
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	PBT
Balança estática de plataforma				12830
Balança de trânsito lento do PPV	3500	4880	4700	13080
Balança estática por eixo	3180	4850	4715	12745

4.1.2.1 Observações sobre os testes realizados

Durante os testes foi realizado um conjunto de observações, as quais delinearam as condições de sua realização, a saber:

- O teste em questão teve como principal objetivo, avaliar o comportamento do sistema piezelétrico quartzo completo, agora com as 16 linhas de sensores instalados, dois amplificadores de carga, como também as duas placas de aquisição de sinais da *National Instrument*;
- O carregamento do veículo 3C, o mesmo foi realizado de acordo com o previsto e já especificado neste relatório;
- Com relação aos sensores, propriamente ditos, aparentemente, estavam funcionando dentro dos padrões esperados;
- No que tange à aquisição de dados observou-se:
  - O sistema piezelétrico quartzo estava operacional;
  - Os sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero não estavam operacionais;
  - Não houve integração de dados, haja vista que somente foram coletados dados do sistema piezelétrico quartzo.
- No que se refere ao processamento de dados foi observado:
  - O sistema piezelétrico quartzo apresentou todas as medidas por eixo/sensor, distância entre eixos correta, bem como a classificação do veículo de acordo com o quadro de fabricantes de veículo;
  - As velocidades observadas não apresentaram dados confiáveis tendo em vista informações conflitantes apresentadas na tela de visualização do sistema.
- O sistema de vídeo auditoria na estava operacional, portanto não houve geração de imagens.

Durante a realização dos testes foram feitos ajustes no sistema piezelétrico quartzo, o qual permaneceu funcional durante todo o período de testes, sendo possível efetuar corridas previstas com o caminhão 3C do DNIT carregado com aproximadamente 1/2 carga.

Ao longo do teste observou-se que vários arquivos inválidos aparecem, entre arquivos armazenados na base de dados do sistema de aquisição. Uma hipótese aventada para o problema detectado, é que o laço indutivo que dispara o sistema

piezelétrico quartzo com a passagem de veículos pequenos como bicicletas e carroças, já que foi observado que o detector usado estava regulado para a sensibilidade máxima (nível sete). Esta sensibilidade foi então reduzida para o menor nível possível (nível um) sem, no entanto, obter uma diminuição aparente do número de arquivos inválidos produzidos.

Sendo essa hipótese verdadeira, qualquer massa metálica que passar sobre o laço indutivo poderá ser detectada, disparando-o, dependendo da sensibilidade do sistema.

Outra hipótese, ainda por testar, seriam ruídos produzidos por correntes de aterramento que poderiam estar se produzindo entre os amplificadores de carga e o Sistema de aquisição de dados - DAQ, por exemplo. Considerando-se o volume de dados a ser adquirido quando a pista de teste estiver aberta ao tráfego, esta é uma situação que precisa ser esclarecida e corrigida.

A geração de arquivos de *log* apenas acontece com a detecção de veículos que passam pelo laço indutivo. Não tendo nenhuma relação com correntes de aterramento que passam entre o amplificador de carga e a DAQ. Além de veículos menores que caminhão, a única forma de se criar arquivos de *log* inválidos é quando um determinado veículo passa no sentido contrário ao do fluxo estabelecido, o que é bastante improvável de acontecer.

Quanto às condições de teste, observou-se que, para o caminhão usado (com aprox. 1/2 carga), velocidades de teste menores do que 30 km/h ou maiores do que 50 km/h eram impraticáveis. As menores que 30 Km/h devido à dificuldade do motorista em manter a velocidade constante em função da instabilidade do velocímetro e as maiores do que 50 Km/h devido à falta de distância na pista de teste para acelerar com segurança até o início dos sensores. Um prolongamento da pista experimental já foi projetado para a instalação de sistemas de deflexão do pavimento, sua construção irá permitir o desenvolvimento de velocidades maiores que 50 km/h nos testes controlados a serem realizados, sem a necessidade de utilizar a pista de rolamento da BR 101.

Uma das possíveis causas da geração de arquivos inválidos pode ser uma deficiência do sistema de aterramento da instalação elétrica. A sensibilidade demonstrada pelos sistemas instalados quanto a interferências de diferença de potencial pela simples ligação de um pequeno motor, denotam a necessidade de

uma análise acurada do sistema elétrico de forma a avaliar a qualidade da energia recebida da concessionária e as próprias instalações e seu sistema de aterramento.

Outra constatação feita e que pode ser causa do aparecimento de arquivos inválidos refere-se a abertura da pista experimental ao tráfego normal, pois mesmo sendo normal o espaçamento entre dois caminhões sucessivos, muitas vezes o segundo caminhão não é reconhecido pelo sistema. O sistema integrado desenvolvido estabelece um tempo mínimo entre dois caminhões sucessivos a partir da entrada do primeiro caminhão no laço indutivo que inicializa coleta de dados dos sistemas instalados. O tempo estabelecido precisa ser ajustado para minimizar a perda de dados na situação relatada.

4.1.2.2 Dados consolidados do sistema de piezelétrico quartzo

Os dados coletados durante os testes realizados foram consolidados e estão apresentados nas Tabelas 5 a 10. Serão apresentados seis conjuntos de dados consolidados dos testes realizados com velocidades de 30, 40 e 50 km/h, variando para todas as velocidades, a pressão nos pneus, com 60 e 80 psi.

Tabela 5- Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo a 30 km/h com pressão 60 psi

EIXO	Linha	Massa em kg									
		Número da Passada									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
EIXO 1	1	2763	2973	2794	2786	2870	2943	3170	2798	2951	3081
	2	2935	2899	2927	2812	2946	3070	3162	2856	3134	3311
	3	3025	3008	2881	2629	2612	3037	3285	2772	2999	3468
	4	2783	2889	2936	2823	2726	2813	3080	2847	2871	3286
	5	2974	3005	2865	2630	2882	3203	3007	2740	3180	2960
	6	2805	2804	2832	2685	2807	2855	2853	2974	2726	2931
	7	2434	2785	3029	3011	2896	2684	2777	2921	2716	2687
	8	2960	2984	2856	2801	2933	3053	2998	2778	3146	2912
	9	2799	3100	2660	2473	2638	2786	3149	2840	2860	2910
	10	2708	2883	3118	3213	3024	2954	2985	3141	2946	2844
	11	2821	3058	2819	2808	2916	2972	3119	2722	2955	2878
	12	2850	3013	2466	2354	2390	2887	3185	2512	2767	2992
	13	2658	2834	3078	3114	2946	2987	3017	2810	3069	2872
	14	2766	2576	2830	2657	2840	3056	2700	2639	2901	2884
	15	2886	3106	3056	3037	3155	2955	3023	3469	2875	3071
	16	2644	2997	3017	3167	3140	2885	3079	3093	3001	2861
EIXO 2	1	4296	4595	3850	3437	3507	3969	3629	3312	3822	4012
	2	3603	4020	3860	3529	3698	4448	4578	3970	4377	4781
	3	4463	4077	4088	4002	4623	4388	4795	4347	4810	4754
	4	4870	4649	3987	3405	3502	4138	3974	3396	4152	4132
	5	3406	3815	3189	3576	4641	4111	4459	4293	4172	4278
	6	4419	4095	3482	3616	4673	4098	3896	3686	4309	4014
	7	4671	4800	3966	2762	3473	4599	4400	3271	4480	4442
	8	3867	4265	4178	3527	4061	4911	4995	4371	4629	4622
	9	4713	4284	4176	4106	4112	4040	4156	3996	4193	3508
	10	4673	4647	4904	4209	3591	4134	3727	4094	3829	3788
	11	3756	4132	4339	4234	4055	4572	4819	4964	4259	4749
	12	3895	3959	3649	4109	4354	3872	4038	4436	4211	3830
	13	4684	5009	5323	4535	3624	4921	4580	4938	4617	4704
	14	3978	3907	4628	5133	4723	4218	4442	5723	4028	4219
	15	4523	4172	5020	5387	4947	4100	3821	4728	4246	3856
	16	4219	4554	4392	3986	4076	4069	3986	4272	3861	4090
EIXO 3	1	3871	3547	4211	3851	4161	4358	4749	4432	4344	4859
	2	4878	3958	4021	4073	4520	4075	4281	4064	4285	4150
	3	4453	4690	4130	3651	3505	4125	4090	3786	3890	4144
	4	3409	3312	3880	3882	3703	3963	4271	4424	4128	4618
	5	5235	4856	4229	3553	3920	4655	4313	3541	4613	4206
	6	4303	4519	4640	3439	3385	4556	4410	4034	4258	4350
	7	3901	3721	4114	4119	4199	4201	4484	4968	4243	4279
	8	4622	4170	3982	4278	4004	3650	3567	4075	3728	3465
	9	3287	3788	3708	3351	3068	3582	3383	3487	3548	3580
	10	2994	3362	3622	4199	4369	4049	4251	4466	4255	4248
	11	4852	4526	3885	4080	4564	4383	4383	3949	4386	4280
	12	4235	4569	3894	2920	3327	4196	4122	3241	3957	3988
	13	3377	3347	3752	4679	5071	3405	3760	4714	3575	3568
	14	3985	4160	3935	3750	4273	3739	3441	3452	3928	3756
	15	3757	4184	3523	2926	3700	4313	4190	3524	4037	4689
	16	4022	4054	3400	3567	4604	4436	4914	4287	4514	4595
Vel. (km/h)		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Observa-se, analisando a Tabela 5, que o sistema piezelétrico quartzo demonstrou eficiência quanto à aquisição e processamento de dados, apresentando valores consistentes, sendo que mais uma vez a leitura dos dados do primeiro eixo mostra uma menor dispersão quando comparados com os demais eixos.

Tabela 6 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo a 30 km/h com pressão de 80 psi.

EIXO	Linha	Massa em kg									
		Número da Passada									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2581	2712	2783	2957	2967	2806	2914	2927	3002	2824
	2	2895	2806	2752	2724	2732	2566	2693	2708	2782	2617
	3	2985	2959	3028	2831	2680	2828	2747	2818	2856	2850
	4	2501	2625	2700	2774	2838	2889	2636	2732	2893	2858
	5	2901	2765	2670	2587	2656	2663	2697	2531	2620	2613
	6	2816	2840	2944	3005	2919	2583	2881	3017	2949	2719
	7	2601	2427	2695	2743	2833	2794	2759	2724	2738	2834
	8	2972	2893	2809	2756	2829	2803	2835	2803	2854	2790
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	3928	4385	3782	3834	3764	4425	3895	4385	4266	3879
	2	3861	4459	3929	4209	4017	4101	4272	4619	4496	3746
	3	3676	4588	4152	4040	4004	4000	3726	4094	4588	4193
	4	3488	3804	3497	3380	4002	3797	3671	3852	4029	4236
	5	4652	4395	5021	4664	5385	4489	5243	4413	4190	5407
	6	4864	4088	4726	4899	5278	4252	5068	4247	4212	5050
	7	4620	4161	4593	4688	4879	4830	5067	4187	3864	4674
	8	4896	4455	5070	5032	4623	4649	5036	4771	4425	4664
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	4504	4310	4343	4288	4025	4341	4357	4843	4620	3964
	2	3940	4185	4156	4225	3847	4149	3769	4417	4678	4055
	3	3823	4157	3863	3718	3603	4447	3809	4086	4096	4378
	4	4207	4523	4077	3922	3959	3976	4255	4475	4317	3957
	5	3802	3529	3799	3774	4820	3823	4259	3434	3438	4581
	6	3826	3234	3773	3624	4575	3765	4696	3649	3443	4368
	7	4124	3650	4338	4260	4621	4088	4599	4179	3767	4701
	8	4282	3790	4353	4283	4645	4114	4339	3918	3688	4547
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vel. (km/h)		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

A ausência de dados válidos nas linhas 9 a 16 na Tabela 6 aponta para um mau funcionamento de um dos amplificadores de carga, ou de uma das placas de aquisição de dados, prejudicando desta forma a análise qualitativa do conjunto de dados obtidos. Entretanto com os dados apresentados, pode-se afirmar que a variação da pressão dos pneus, neste caso, não influenciou as medidas observadas.

Tabela 7 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo a 40 km/h com pressão 60 psi.

EIXO	Linha	Massa em kg									
		Número da passada									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	2847	2935	2716	2726	2779	2745	2833	2975	2869
	2	0	3074	2835	3112	2926	2848	3114	3138	3064	2902
	3	0	2926	2968	2920	3103	2846	2852	3257	2937	2904
	4	0	2619	2801	2864	2756	2921	2519	2985	2735	2673
	5	0	2830	2893	2952	2910	2590	3061	2774	2851	2942
	6	0	2567	2614	2626	2948	2861	2463	2913	2711	2534
	7	0	2675	2579	2851	2512	2953	2666	2654	2840	2663
	8	0	2932	2833	2938	2911	2611	2979	2774	2915	2961
	9	0	2701	2827	2628	3025	2864	2733	2938	2736	2852
	10	0	2868	2821	3056	2853	3251	2696	2867	3063	2674
	11	0	2777	2817	2859	2781	2736	3112	2691	2723	3041
	12	0	2620	2689	2363	2710	2446	2626	2645	2646	2707
	13	0	2869	2759	2904	2459	2835	2710	2681	2923	2761
	14	0	2797	2509	2871	2918	2581	2770	2789	2810	2666
	15	0	2791	2915	3019	3319	3246	2800	3277	2859	2931
	16	0	2935	2833	3086	2616	3113	2799	2909	2983	2852
2	1	0	4167	4293	3974	3974	3836	4332	4287	4050	4262
	2	0	4175	4347	4286	4543	3880	4235	4106	4442	4135
	3	0	4599	4682	4574	4226	4246	4576	4528	4561	4114
	4	0	4173	4483	4042	4159	4046	4545	4386	4241	4359
	5	0	4278	4637	4077	4483	4261	4641	4319	4393	4397
	6	0	4586	4146	4716	4104	4270	4399	4526	4195	4222
	7	0	4167	4255	4079	4516	3835	4011	4405	4249	4233
	8	0	4088	4233	4074	4364	4097	4278	4020	4460	4137
	9	0	4481	4158	4102	3777	3849	4354	3909	4097	4185
	10	0	4070	4290	4383	4618	4244	4169	4644	4176	4172
	11	0	4294	4694	4216	4846	3981	4583	4081	4588	4462
	12	0	4309	4436	4052	3757	3842	4504	4096	4092	4099
	13	0	4003	4371	4215	4434	4408	4077	4312	4143	4296
	14	0	4294	4037	4363	4315	4422	4179	4114	4097	4255
	15	0	4788	3940	4714	4052	4151	4064	4560	4240	4118
	16	0	4154	4396	4225	4798	4264	4157	4583	4281	4424
3	1	0	3938	4120	4354	4564	4302	4003	3995	4206	3949
	2	0	4308	4305	4391	3993	4025	4347	4467	4321	4008
	3	0	4108	4243	4189	4226	4237	4333	4380	4230	4323
	4	0	3994	3963	4092	4144	4142	3927	4009	4209	3968
	5	0	4461	4186	4272	3861	4012	4157	4332	4201	4384
	6	0	3812	4192	4085	4475	3747	4013	3982	4078	4114
	7	0	4372	4212	4015	4392	4112	4260	4064	4334	4141
	8	0	4436	4301	4273	3888	4092	4241	4293	4245	4447
	9	0	3349	3760	3794	4104	3654	3708	3640	3743	3845
	10	0	3844	3986	3934	4171	4120	4007	3842	3958	3836
	11	0	4783	4612	4563	4255	4357	4669	4573	4526	4883
	12	0	3931	4212	3969	4092	3780	4030	3910	3978	4475
	13	0	4245	4045	4303	3823	4068	4070	3975	3978	3900
	14	0	4394	4177	4376	4301	4089	4013	4445	4049	4238
	15	0	4055	4338	3924	4716	4157	4224	4237	4286	4284
	16	0	4520	4388	4342	4377	4311	4465	4470	4370	4310
Vel. (km/h)		0	40	40	40	40	40	40	40	40	40

Analisando os dados do sistema piezelétrico quartzo a velocidade de 40 km e pressão do pneu a 60 psi nota-se a ausência de informações da primeira passada indicando que, provavelmente o laço indutivo que deveria efetuar o *trigger* do sistema, avisando da passagem de um veículo, por alguma falha aleatória deixou de acionar o sistema de aquisição de dados.

Tabela 8- Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo a 40 km/h com pressão 80 psi.

Eixo	Linha	Massa em kg									
		Número da passada									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2742	2878	2695	2842	2755	2697	2802	2998	2673	2659
	2	2790	3011	2975	2660	3130	2845	3024	2879	3013	2793
	3	3101	2710	2973	2794	2841	2982	2949	2936	2860	2957
	4	2696	2760	2584	2718	2523	2680	2635	2800	2764	2555
	5	2749	2809	2834	2639	2852	2720	2960	2584	2885	2812
	6	2797	2618	2733	2790	2685	2718	2650	2772	2634	2753
	7	2542	2778	2562	2668	2635	2696	2583	2724	2895	2429
	8	2749	2885	2912	2678	2906	2830	3006	2771	2879	2836
	9	2824	2514	2768	2729	2718	2714	2797	2788	2667	2789
	10	2821	3024	2703	2882	2838	2897	2834	3029	3085	2721
	11	2711	2829	2810	2511	2819	2683	2817	2650	2888	2663
	12	2772	2474	2708	2557	2566	2542	2630	2675	2344	2620
	13	2700	2911	2698	2624	2811	2787	2749	2762	2830	2466
	14	2816	2750	3021	2684	2786	2804	2875	2654	2909	2881
	15	3073	2847	3001	3115	2937	3079	2884	3135	3083	3116
	16	2722	2975	2711	2862	2859	2978	2829	2931	3030	2618
2	1	4246	4180	4205	4221	4434	4118	4268	3927	4290	4133
	2	4456	4238	4369	4437	4363	4347	4365	4672	4368	4327
	3	4059	4451	4350	4142	4208	4412	4156	4534	4147	4336
	4	4110	4306	4090	4017	4224	4114	4138	3797	4173	4209
	5	4730	4418	4493	4576	4108	4161	4361	4381	4199	4291
	6	3809	4412	4376	4413	4269	4587	4103	4345	4327	4324
	7	4322	4217	4401	4141	4372	4381	4506	4064	4280	4215
	8	4519	4099	4265	4234	4231	4104	4192	4450	4036	4237
	9	3941	4410	4269	4123	4062	4283	3969	4166	3936	4138
	10	4236	4228	4523	4265	4313	4624	4261	4183	4437	4511
	11	4621	4303	4486	4406	4494	4313	4604	4538	4239	4371
	12	3830	4358	4087	4074	4084	4107	4108	4153	4026	4072
	13	4461	4193	4325	4247	4300	4354	4198	4044	4468	4415
	14	4171	4252	4160	4421	4021	4415	3964	4397	4448	4151
	15	3928	4382	4335	4461	4465	4711	4458	4491	4276	4479
	16	4539	4131	4428	4352	4488	4378	4457	4223	4402	4496
3	1	4256	4132	4408	4199	4198	4137	3964	4432	4275	4149
	2	3928	4380	4192	4252	4091	4290	4033	4086	4212	4311
	3	4405	4227	4115	4160	4391	4247	4325	4049	4359	4366
	4	4342	3962	4250	4387	4188	3970	4123	4624	3998	4031
	5	3937	4356	4258	4206	4388	4446	4211	4126	4201	4260
	6	4245	4040	4210	4232	4192	4101	4318	3916	4313	4335
	7	4225	4557	4460	4517	4336	4255	4327	4763	4015	4305
	8	4090	4167	4185	4326	4293	4377	4140	4161	4060	4047
	9	3900	3553	3667	3681	3725	3762	3978	3476	3862	3642
	10	4001	3946	4000	3960	4011	3850	4089	4252	3826	3998
	11	4383	4707	4507	4723	4660	4649	4555	4623	4356	4577
	12	4364	4127	3956	4033	4282	4143	4343	3928	4119	3985
	13	3869	4139	4077	4187	3942	4287	4011	4244	3996	4060
	14	3949	4411	4308	4395	4481	4485	4245	4464	4120	4392
	15	4571	4186	4548	4265	4436	4298	4256	4197	4398	4331
	16	4143	4655	4516	4460	4314	4566	4241	4702	4573	4488
Vel. (km/h)		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

A partir dos dados do sistema piezelétrico quartzo a velocidade de 40 km e pressão do pneu a 80 psi observa-se que o sistema voltou a operar sem quaisquer alterações, ou seja todas as passadas foram devidamente registradas.

Mais uma vez a menor dispersão dos valores foi observada com os dados do 1º eixo do veículo e a variação da pressão dos pneus também não indicou diferenças sensíveis nos dados obtidos que pudessem inferir quaisquer interferências.

Tabela 9 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo a 50 km/h com pressão 60 psi.

Eixo	Linha	Massa em kg									
		Número da passada									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	2541	2352	2511	2792	2457	2637	2617	2691	2667
	2	0	2730	2646	2847	2796	2544	2826	2816	2749	2617
	3	0	2821	2968	2987	2679	2866	2838	2910	2763	2960
	4	0	2736	2929	2605	2746	2881	2709	2658	2644	2865
	5	0	2863	2661	2962	2791	2710	2908	2873	2904	2640
	6	0	2850	2819	2950	2705	2956	2857	2816	2669	2953
	7	0	2543	2607	2404	2628	2618	2513	2495	2564	2582
	8	0	2518	2450	2674	2548	2433	2652	2550	2535	2322
	9	0	2496	2550	2472	2401	2585	2454	2459	2425	2655
	10	0	2949	3042	2671	3115	2989	2917	2996	2877	3030
	11	0	2906	2782	3011	2964	2824	2915	2897	3066	2677
	12	0	2409	2338	2616	2509	2475	2502	2583	2583	2631
	13	0	2797	2785	2755	2889	2575	2794	2826	2867	2772
	14	0	2752	2749	2939	2961	2736	2922	2898	2805	2734
	15	0	2915	2977	2828	2743	2968	2839	2723	2678	3002
	16	0	2880	2699	2642	2920	2584	2772	2797	2860	2860
2	1	0	3286	3299	4366	4767	3822	4654	4482	4864	4262
	2	0	5416	4720	4865	3968	4236	4164	4629	4302	4684
	3	0	4342	4090	3995	4988	3988	4638	4316	4048	4118
	4	0	4095	4301	5032	4678	4510	4557	4671	4897	4796
	5	0	3939	3157	3777	4081	3468	4128	3928	3867	3798
	6	0	5293	5073	5341	5099	4938	5223	5343	5330	5487
	7	0	4132	3684	3522	3553	3274	3448	3274	3209	3368
	8	0	3995	3495	4652	5181	4428	5040	4812	5344	4754
	9	0	4905	4348	4154	3568	3767	3624	4224	3773	4186
	10	0	4070	4068	3943	4527	4078	4309	3798	3944	4082
	11	0	4935	4465	5572	5018	4931	5156	5421	5581	5421
	12	0	3973	3741	3045	3400	3234	3013	2999	2753	2966
	13	0	5636	5781	5955	5618	5509	5995	5890	5926	5792
	14	0	4315	4019	3765	3491	3973	3612	3533	3500	3780
	15	0	4182	4264	4809	5336	4884	5176	4706	4951	4855
	16	0	4841	4432	4376	3885	4038	3985	4364	4065	4271
3	1	0	4461	4290	3635	4264	3776	4102	4032	3675	3781
	2	0	4138	4007	4891	4848	4351	5136	5136	5111	4878
	3	0	4803	4685	4172	3556	4303	3824	3552	3741	4209
	4	0	3525	3402	3776	4292	3552	4414	4275	4392	3728
	5	0	4165	4132	3956	3377	3347	3753	3769	3387	3670
	6	0	3679	3465	4192	4950	4114	4813	4010	4718	4439
	7	0	5052	4182	4841	4397	4193	4348	4960	4378	4540
	8	0	3842	3429	3455	3759	3297	3824	3430	3328	3421
	9	0	4255	3845	4936	4879	4302	4890	4618	5308	5056
	10	0	4358	4359	3541	3379	3841	3170	3624	3096	3428
	11	0	3372	3208	4075	4788	3719	4640	4096	4372	4099
	12	0	4392	3924	4450	3615	3765	3667	4002	4381	4354
	13	0	4095	3990	4102	4664	4537	4491	4275	4326	4262
	14	0	4735	4713	4803	4413	4276	4756	4854	4563	4804
	15	0	3377	3244	2962	3108	3025	3184	2939	3100	3059
	16	0	5042	4663	5271	5391	4762	5545	5618	5471	5487
Vel. (km/h)		0	50	50	50	50	50	50	50	50	50

A partir dos dados obtidos do sistema piezelétrico quartzo a velocidade de 50 km e pressão do pneu a 60 psi. observou-se que mais uma vez o sistema deixou de adquirir dados da primeira passada, demonstrando a necessidade de uma verificação quanto ao acionamento do laço indutivo. que triga o sistema.

Tabela 10 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo a 50 km/h com pressão 80 psi.

Eixo	Linha	Massa em kg									
		Número da passada									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2819	2460	2563	2528	2669	2587	2505	2747	2541	2639
	2	2964	2706	2829	2758	2764	2546	2779	2777	2636	2726
	3	2901	2914	2876	2960	2852	3010	2911	2824	2965	2717
	4	2790	2697	2784	2890	2726	2870	2713	2800	2833	2790
	5	2927	2846	2895	2830	2804	2744	2858	2731	2834	2882
	6	2725	2960	2809	2801	2797	2980	2839	2739	3007	2831
	7	2534	2467	2523	2687	2709	2584	2562	2619	2524	2578
	8	2738	2547	2546	2594	2543	2407	2629	2550	2541	2618
	9	2645	2573	2467	2603	2411	2661	2493	2420	2615	2478
	10	3072	2856	3047	3164	2989	3055	2864	3070	2955	2909
	11	2908	2928	2862	2992	2873	2737	2995	2911	2915	2966
	12	2505	2572	2437	2446	2455	2549	2560	2532	2585	2514
	13	2947	2724	2841	2820	2924	2714	2712	2885	2660	2715
	14	2823	2799	2856	2899	2932	2753	2883	2896	2763	2925
	15	2875	3065	2930	3056	2808	3238	3171	2980	3116	3007
	16	2987	2707	2894	2866	2920	2863	2820	2959	2707	2912
2	1	4362	3525	3864	4113	4102	3855	4252	4437	3973	4361
	2	4497	5435	4523	4401	4845	4933	4304	4113	4959	4204
	3	4777	4039	4610	4412	4278	4399	4704	4805	4046	4898
	4	4107	4664	4662	4602	4877	4668	4246	4585	5014	4349
	5	4633	3646	3301	3691	3837	3521	4123	3942	3621	3949
	6	3798	5248	5589	5058	5401	5637	4583	5268	5235	4942
	7	4702	3832	3837	3605	3551	3391	3978	3418	3715	3798
	8	3704	4320	4362	4781	4550	4604	5175	4953	4452	5139
	9	4245	4421	4433	3718	4388	4370	3461	3759	4216	3633
	10	5110	3957	4136	4263	3970	3892	4811	4419	4108	4740
	11	3894	5429	5294	4879	5468	5466	4677	5066	5496	4881
	12	3679	3545	3592	3348	3248	3437	3706	3212	3240	3673
	13	5420	5679	6013	5542	5819	5947	5606	5820	5867	5390
	14	4835	4450	3757	3939	3815	3946	4172	3781	3976	3932
	15	3104	4522	5036	5190	4544	5034	5338	5287	4655	5600
	16	5236	4513	4641	4142	4470	4298	4152	3989	4464	3995
3	1	4589	3874	4016	4082	3769	4053	4675	4363	3751	4374
	2	4347	4434	4863	4925	5040	4590	4273	5066	4758	4720
	3	3634	5083	4209	4382	4108	4455	4339	3732	4509	4239
	4	4186	3310	3830	3711	3572	3778	4032	4478	3490	3960
	5	4691	4160	4339	3729	4200	3837	3537	3561	3924	3574
	6	3794	4176	4021	4445	4041	4224	5093	4887	4378	4961
	7	4055	4841	4921	4401	4869	4887	4062	4390	4772	4470
	8	5137	3345	3747	3737	3518	3205	3871	3808	3369	3990
	9	3819	4595	4461	4470	4637	4556	4451	4887	5092	4569
	10	3588	4224	3943	3652	3928	4013	3805	3522	3883	3403
	11	4622	3453	4004	4398	3889	3672	4702	4832	3854	4914
	12	3800	4569	3975	3971	4221	4283	3586	3816	4646	3679
	13	3123	4370	4336	4609	4036	4492	4883	4720	4169	5189
	14	4588	4784	5372	4902	4904	4909	4715	4542	4956	4687
	15	4771	3378	2867	3116	3148	2854	3510	3181	3224	3200
	16	3969	5047	5491	4888	2864	5641	4854	5237	5175	5134
Vel. (km/h)		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50

Analisando os dados do sistema piezelétrico quartzo a velocidade de 50 km e pressão do pneu a 80 psi. observa-se que o sistema voltou a operar sem quaisquer alterações, ou seja todas as passadas foram devidamente registradas.

Mais uma vez a menor dispersão dos valores foi observada com os dados referentes ao 1º eixo do veículo e a variação da pressão dos pneus também não indicou

diferenças sensíveis nos dados obtidos que pudessem inferir quaisquer interferências.

4.1.3 - Testes realizados no dia 25 de outubro de 2009

Os testes realizados no dia 25 de outubro de 2009 tiveram por objetivo fazer uma avaliação global de todos os sistemas instalados na pista experimental, tendo como foco principal a avaliação da aquisição de dados pelos sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero. O teste foi realizado com o caminhão 3C do DNIT em três situações de carregamento: vazio; a meia carga; e a carga plena, sendo que as velocidades utilizadas nos testes variaram de 40 km/h a 70 km/h.

O veículo de testes foi pesado vazio, a meia carga e a carga plena (PBTC), na balança de transito lento do posto de pesagem 16.06 Araranguá. A Tabela 11 apresenta os diversos valores encontrados, (em kg.) para os três tipos de medição.

Tabela 11- Peso por eixo e PBT do Veículo 3C utilizado para testes dos sistemas de pesagem instalados na pista experimental, realizados em 25/10/2009

Pesagem-	Massa em Kg			
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	PBT
Vazio	3030	2200	2010	7240
Meia carga	3810	5310	5160	14280
Carga completa	4380	8400	8260	21040

4.1.3.1 Observações sobre a realização do teste

As observações apresentadas abaixo permitem identificar as condições encontradas/vivenciadas durante a realização dos testes, a saber:

- O carregamento do veículo 3C foi realizado de acordo com previsto;
- Os sensores propriamente ditos, aparentemente, estavam funcionando dentro dos padrões esperados;
- O sistema de vídeo auditoria na estava operacional, portanto não houve geração de imagem durante os testes;
- Os sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero não estavam integrados, persistindo o problema do protocolo de comunicação com o sistema de integração dos dados coletados pelos sistemas de pesagem instalados;
- No que tange à aquisição de dados observou-se que:

- O sistema piezelétrico quartzo, apesar de operacional, apresentou falhas aleatórias deixando de registrar algumas passadas;
- A aquisição dos dados dos sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero foi feita por meio de dois notebooks ligados serialmente direto nas unidades HESTIA.

- No que se refere ao processamento de dados observou-se:
  - Nas medidas registradas, o sistema piezelétrico quartzo apresentou todos os dados por eixo/sensor, distância entre eixos correta, bem como a classificação do veículo de acordo com o quadro de fabricantes de veículo;
  - As velocidades observadas não apresentaram dados confiáveis tendo em vista informações conflitantes apresentadas na tela de visualização do sistema;
  - As informações adquiridas pelos sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero foram processadas independentemente pelos sistemas do fabricante das estações Hestia pelo fato da não operacionalidade do sistema de integração de dados;
  - Ambos os sistemas apresentaram falhas aleatórias de processamento em todas as passadas deixando de registrar diversas linhas de informação. Alterações em nível de software e hardware foram realizadas durante os testes, na busca de soluções para o funcionamento correto dos sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero.

4.1.3.2 Dados consolidados do sistema piezelétrico quartzo

Os dados coletados, relativos ao sistema piezelétrico quartzo, foram consolidados e estão apresentados nas Tabelas 12 a 16. Serão apresentados quatro conjuntos de dados consolidados dos testes realizados com velocidades de 50, 60 e 70 km/h, com número de passadas variáveis.

Tabela 12 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo, sem carga (vazio) a 70 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg										
		Número da passada										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	1903	2326	2487	2264	1900	2294	2243	2286	2371	2442	2406
	2	2143	2692	2383	2772	1717	2503	2618	2467	2516	2484	2458
	3	2315	2405	2401	2736	1994	2540	2571	2583	2391	2417	2666
	4	2206	2333	2502	2238	2165	2329	2331	2383	2397	2419	2453
	5	2239	2602	2250	2591	1741	2532	2618	2529	2523	2455	2645
	6	2184	2148	2390	2381	1924	2426	2191	2289	2256	2318	2299
	7	2033	2017	2156	2100	1890	1958	1889	2098	2081	2065	1974
	8	2131	2428	2207	2668	1805	2393	2463	2333	2362	2219	2414
	9	2153	2302	2398	2424	1989	2358	2369	2343	2280	2444	2681
	10	2643	2452	2607	2384	2723	2476	2352	2570	2512	2520	2389
	11	2298	2486	2223	2548	1925	2345	2582	2379	2320	2492	2561
	12	1902	2054	2175	2275	1746	2233	2192	2134	2051	2213	2389
	13	2408	2595	2556	2384	2529	2440	2493	2441	2544	2520	2248
	14	2455	2399	2214	2654	2165	2422	2367	2517	2574	2097	2226
	15	2541	2332	2653	2624	2482	2601	2420	2582	2496	2526	2555
	16	2393	2659	2641	2337	2290	2486	2535	2558	2569	2724	2391
2	1	1495	2159	1785	1503	1335	1896	2160	1605	1731	2082	2055
	2	1721	2114	2746	2316	1679	2399	2055	2790	2780	2358	2109
	3	1660	1922	1451	1805	1488	1690	1588	1277	1356	1489	1839
	4	1653	1849	2309	2084	1779	1992	2013	2237	2079	1856	1870
	5	1552	2534	2234	2836	1114	2443	2301	2121	2302	2290	2363
	6	2037	1542	1866	1549	1807	1798	1711	1979	1784	1605	1777
	7	1271	1779	1810	1978	1265	1723	2121	1604	1812	1897	1491
	8	1877	2097	2107	2266	1734	2102	1837	2155	2293	2118	1930
	9	1634	2213	1868	1554	1268	2137	2199	1782	1795	1971	2241
	10	2287	1575	2211	2003	2127	1833	1833	2195	2180	1845	1722
	11	1360	1926	1592	1722	1264	1492	1895	1338	1589	1734	1815
	12	1530	1830	2062	2179	1374	2013	1908	2086	2055	1915	2105
	13	1222	1579	1690	2263	1003	1740	1864	1693	1851	1778	1738
	14	2599	1923	1931	1177	2444	1892	1645	2049	2000	1933	1968
	15	1205	1900	1927	2649	1032	1929	2135	1799	1811	1764	1652
	16	2365	1847	2223	1299	2502	2042	2104	2338	2492	2360	1967
3	1	1311	2015	1645	1931	1204	1930	1816	1559	1718	1919	1984
	2	2056	1858	2096	1858	2055	1977	1626	2124	1971	1708	1667
	3	1029	1939	1660	2113	958	1445	2199	1527	1514	1830	1775
	4	1878	1912	2050	1702	1994	2060	1754	2119	2355	2096	1972
	5	1305	1884	1961	1207	1303	1922	1940	1781	1824	1764	1790
	6	1727	1510	1431	2231	1805	1417	1731	1890	1685	1562	1433
	7	1521	2287	2223	1594	1157	2376	2271	2151	2567	2255	2103
	8	1925	1736	1764	2106	1852	1692	1753	1663	1649	1772	1818
	9	1165	1849	1701	1372	1070	1634	1979	1745	1718	1660	1676
	10	2145	1336	1393	2010	2137	1430	1179	1496	1636	1388	1327
	11	1213	2100	1881	1887	1112	2115	2235	1653	1823	1989	2279
	12	1582	1698	2026	1872	1531	1753	2004	2340	2066	1945	1919
	13	1500	1685	1801	2107	1362	1753	1582	1640	1667	1729	1831
	14	1791	1632	1823	1460	2043	1605	1578	1660	1649	1654	1517
	15	1501	2356	2236	1829	1294	2268	2440	2526	2400	2304	2080
	16	2180	1734	1591	2160	1849	1588	1419	1474	1537	1657	1775
Vel. (km/h)		70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70

Os resultados contidos na Tabela 12, referem-se às 11 passadas do veículo vazio à velocidade de 70 km/h. Analisando os dados obtidos, observa-se que, neste evento, o sistema piezelétrico quartzo comportou-se como esperado, apresentando dados consistentes no que se refere aos valores medidos do eixo 1.

Nos testes apresentados na Tabelas 12, 13 e 14, com o caminhão a meia carga, foram realizadas 18 passadas, sendo seis a 40 km/h, seis a 50 km/h e seis a 60

km/h. A análise dos dados gerados pelo sistema piezelétrico quartzo mostra que o mesmo apresentou falhas na aquisição de dados, perdendo, na velocidade de 40 km, os dados da quinta e sexta passadas. Já na velocidade de 50 km, o sistema deixou de registrar os dados da primeira passada e voltou a registrar todos os dados à velocidade de 60 km.

Tabela 13 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo com meia carga, a 40 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	2989	2877	2866	2240	0	0
	2	2991	3114	2965	2292	0	0
	3	2737	2900	3051	2377	0	0
	4	2807	2669	2774	2400	0	0
	5	2876	3095	2990	2367	0	0
	6	2820	2764	3070	2353	0	0
	7	3043	2628	2805	1961	0	0
	8	3012	3069	2978	2313	0	0
	9	2614	2694	2904	2443	0	0
	10	3051	2826	3042	2737	0	0
	11	3014	2947	2870	2545	0	0
	12	2587	2760	2720	2092	0	0
	13	2903	2991	2847	2686	0	0
	14	2896	3051	2910	2532	0	0
	15	3034	2807	3151	2791	0	0
	16	3211	2897	2963	2412	0	0
2	1	4380	3696	4358	3471	0	0
	2	4483	4369	4042	3499	0	0
	3	3947	4887	4454	3227	0	0
	4	4234	4326	4211	3589	0	0
	5	5814	4046	3681	2974	0	0
	6	4976	3858	3953	2886	0	0
	7	4533	4423	3679	3171	0	0
	8	4340	5052	3466	3151	0	0
	9	3831	4454	3913	2793	0	0
	10	4954	4420	4643	3329	0	0
	11	4920	4846	4253	3282	0	0
	12	4351	4201	4446	2890	0	0
	13	3492	4946	4750	4907	0	0
	14	4178	4717	5029	4038	0	0
	15	4924	4561	5389	3399	0	0
	16	5735	4110	4684	3446	0	0
3	1	4413	4863	4039	3170	0	0
	2	3972	4980	4370	3016	0	0
	3	4437	4265	3986	3538	0	0
	4	4482	4426	4253	3163	0	0
	5	4918	4891	4212	3337	0	0
	6	5005	4785	4136	3427	0	0
	7	4381	5079	4078	2475	0	0
	8	4064	4314	4387	2574	0	0
	9	4313	3485	4028	2977	0	0
	10	4484	4233	4302	3254	0	0
	11	4451	4257	4632	3178	0	0
	12	4378	3910	3666	3053	0	0
	13	3116	3886	4165	3316	0	0
	14	3901	3845	4316	3181	0	0
	15	4628	3955	3601	3472	0	0
	16	5096	4462	3676	3084	0	0
Vel. (km/h)		40	40	40	40	0	0

Tabela 14 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo com meia carga, a 50 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	0	2727	2800	2783	2977	2926
	2	0	2707	3127	2939	3212	3066
	3	0	3105	2874	3115	3019	3063
	4	0	3019	3012	2791	2866	2809
	5	0	2854	3156	3038	3046	3103
	6	0	2972	2688	2924	2741	2686
	7	0	2768	2789	2535	2670	2636
	8	0	2735	2998	2928	2924	2901
	9	0	2973	2767	2929	2890	2921
	10	0	3229	3226	2974	3093	3017
	11	0	2691	3000	2747	2830	2968
	12	0	2601	2324	2824	2635	2750
	13	0	2907	3046	2888	3204	3060
	14	0	2782	3011	2948	2868	2775
	15	0	3279	2867	3130	2864	2882
	16	0	3096	3122	2992	3182	3161
2	1	0	4418	4412	4808	4771	4595
	2	0	4284	4518	4764	4405	4451
	3	0	4095	4560	3980	4450	4404
	4	0	4330	4099	4507	4304	4171
	5	0	4425	4303	4802	4686	5023
	6	0	4317	4645	4086	4240	4162
	7	0	4101	4225	4247	4259	3940
	8	0	4407	4125	4591	4631	4632
	9	0	4182	4425	4406	4853	4720
	10	0	4645	4681	4600	4182	4216
	11	0	4161	4057	4354	4051	4301
	12	0	3984	4307	4146	4540	4376
	13	0	4291	4544	4504	4476	4330
	14	0	4444	4385	4247	4203	4463
	15	0	4463	4539	4104	4411	4000
	16	0	4641	4572	4770	4855	4596
3	1	0	4321	4446	4205	4266	4251
	2	0	4090	4473	4137	4496	4196
	3	0	4392	4186	4749	4547	4414
	4	0	4070	4160	4354	4739	4733
	5	0	3952	4313	3910	4072	3911
	6	0	4277	3885	4402	3978	4061
	7	0	4496	4419	4677	5054	4928
	8	0	4301	4660	4418	4725	4428
	9	0	3751	3702	3842	3223	3592
	10	0	4162	3996	3906	4053	4097
	11	0	4566	4767	5002	5148	4896
	12	0	4304	4044	4748	4203	4658
	13	0	4144	3947	3866	3915	3868
	14	0	4336	4499	4208	4464	4198
	15	0	4624	4504	4856	4636	4751
	16	0	4713	4666	4680	4708	4763
Vel. (km/h)		0	50	50	50	50	50

Tabela 15 - Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo com meia carga, a 60 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	2675	2796	2673	2509	2493	2689
	2	2939	2867	2594	2906	2796	2770
	3	3034	2895	3013	3012	2893	2811
	4	2789	2863	3031	2648	2852	2811
	5	3029	2918	2789	2936	2837	2848
	6	2849	2701	2977	2915	2776	2661
	7	2469	2725	2783	2451	2668	2533
	8	2751	2734	2551	2745	2611	2708
	9	2653	2517	2674	2579	2619	2497
	10	3017	3023	3199	2883	3152	2949
	11	2995	2966	2798	2979	2861	2931
	12	2640	2553	2621	2655	2317	2562
	13	2965	2935	2860	2774	2939	2795
	14	3021	3030	2874	2982	2898	2988
	15	2924	2939	3128	2905	2990	2905
	16	2872	2924	2922	2666	2861	2769
2	1	3652	3575	3594	3798	3267	4191
	2	5468	5522	4742	4869	4985	5336
	3	4429	4323	4155	5063	4875	4064
	4	4307	4572	4561	4244	3789	4875
	5	3478	3619	3355	3890	4010	3788
	6	5177	5225	5208	4672	4912	5511
	7	4660	4395	3865	4855	4006	3685
	8	3669	4078	4268	3680	3989	4855
	9	5059	4849	4575	4653	4742	4765
	10	4083	4068	3791	4409	4084	3728
	11	4560	5011	4480	4580	4641	5683
	12	4312	4009	4165	4404	4399	3304
	13	5733	5627	5570	5881	5111	5496
	14	4412	4738	4684	4671	4798	4327
	15	4410	4742	4838	3889	4581	4980
	16	5125	5001	4653	5338	4236	4395
3	1	4534	4470	4217	4884	5095	4036
	2	4196	4404	4411	4499	3856	5205
	3	4834	5374	4697	4684	4850	4517
	4	3696	3563	3641	4188	3941	3614
	5	5108	4776	4103	5253	4462	4208
	6	3641	4053	4023	3815	4077	4286
	7	5109	5098	4903	4620	4483	5447
	8	4232	3879	3726	4660	4129	3676
	9	3994	4194	3705	3842	3969	4689
	10	4773	4582	4453	4613	4851	4120
	11	3820	3641	3777	3996	3649	4186
	12	4680	4674	4001	4220	3890	4768
	13	3864	4093	4528	3635	4668	4603
	14	5108	5333	5228	5308	4453	5106
	15	3465	3536	3128	3839	3686	3313
	16	4615	4690	4692	4220	4784	5471
Vel. (km/h)		60	60	60	60	60	64

No teste com o veículo a carga plena, apresentado a Tabela 16, foram realizadas 11 passadas a 50 km/h. O sistema piezelétrico quartzo voltou a perder uma passada (a nona passada). Analisando os dados obtidos, observa-se que os valores obtidos na oitava passada, apresentaram sistematicamente valores bem inferiores as demais passadas nos três eixos.

Tabela 16 – Dados obtidos no sistema piezelétrico quartzo com carga plena, a 50 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg										
		Número da passada										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	3135	3080	3123	3224	3138	3088	3042	1510	0	3350	3301
	2	3311	3232	2990	3233	3188	3360	3228	1453	0	3381	3247
	3	3586	3403	3104	3558	3441	3446	3429	1564	0	3528	3199
	4	3392	3415	3351	3413	3322	3336	3412	1683	0	3223	3247
	5	3656	3385	3355	3362	3455	3427	3446	1795	0	3170	3158
	6	3500	3432	3182	3421	3373	3335	3395	1702	0	3595	3125
	7	3049	3221	3323	3091	3110	3010	3302	1514	0	3202	2964
	8	3190	3221	3237	3198	3311	3252	3328	1480	0	3279	3306
	9	3011	3065	2866	3242	3062	3121	3105	1804	0	3424	2956
	10	3616	3599	3632	3484	3448	3452	3585	1915	0	3508	3550
	11	3524	3545	3394	3547	3494	3683	3589	1599	0	3231	3256
	12	3145	3077	3028	3304	3261	3206	3079	1332	0	3252	2859
	13	3532	3391	3433	3490	3504	3541	3389	2317	0	3419	3414
	14	3586	3669	3724	3407	3707	3518	3676	1934	0	3272	3399
	15	3329	3653	3513	3513	3566	3548	3600	2070	0	3583	3289
	16	3286	3328	3353	3455	3308	3411	3371	1951	0	3223	3193
2	1	6367	6773	6395	6958	6703	6911	6737	3916	0	6788	7017
	2	7173	7093	6584	7220	7491	7412	6954	3874	0	7105	6111
	3	7400	7485	6827	7284	7591	7442	7343	3970	0	7031	6830
	4	6934	6968	6772	7025	7186	6909	7059	3487	0	6663	7027
	5	7432	6551	6317	7122	6927	6996	6436	4185	0	7610	7044
	6	7327	7006	6795	6878	7221	7131	6849	3148	0	7348	7613
	7	6961	7341	7064	7082	7282	7270	7064	3556	0	7150	7108
	8	6697	6919	6803	7273	6956	7160	6902	4120	0	7222	6662
	9	6265	6705	6603	6875	7158	7103	6517	3974	0	6579	7132
	10	7405	7109	7271	7118	7092	7102	7170	4631	0	7548	8120
	11	7828	7133	6777	7342	7511	7152	7137	4124	0	7415	6860
	12	6293	6882	6226	6304	6824	7144	6588	3603	0	6552	6911
	13	7758	7593	7277	7091	7318	7531	7491	5243	0	6175	6262
	14	7716	7841	7613	7446	7712	7669	7848	4958	0	6494	6271
	15	6609	7623	7452	3468	7641	7643	7732	4424	0	7233	7598
	16	6590	7092	7079	7043	7122	6692	7059	4745	0	7704	7681
3	1	7349	7149	6964	7073	7241	7139	7192	3895	0	7023	6360
	2	7399	7035	6382	7091	7326	7263	7012	3296	0	6676	6733
	3	7167	7112	6704	7096	7022	7072	7107	3546	0	6425	6588
	4	6614	6708	6579	6875	6695	6834	6720	3550	0	7123	6498
	5	7534	7177	6657	7288	7541	7593	6931	3555	0	7039	7450
	6	6658	7313	7134	6927	7128	6893	7107	3627	0	7236	7138
	7	6548	6852	6974	6888	7084	7066	6863	3649	0	6727	6433
	8	7068	6813	6484	7124	7279	7261	7041	3845	0	6869	6984
	9	7014	6305	6182	6708	6597	6507	6562	3650	0	6541	6495
	10	6801	6919	6882	6710	6787	6623	6838	3974	0	7625	7230
	11	6683	7228	6846	7132	7511	7643	6807	3514	0	6971	7510
	12	6832	6548	6167	7391	6737	7092	6458	3614	0	6463	6216
	13	6985	7263	7257	7369	7630	7424	7305	3998	0	6057	5925
	14	6301	7685	7538	6978	7405	7207	7456	3949	0	6349	7073
	15	6862	6354	6513	7263	6742	6389	6549	4104	0	6991	6543
	16	7247	6769	6621	6841	6943	7065	6850	4098	0	7025	6723
Vel. (km/h)		50	50	50	50	50	50	50	50	0	50	50

4.1.3.3 Dados consolidados do sistema piezelétrico cerâmico

Os dados coletados, relativos ao sistema piezelétrico cerâmico, foram consolidados e estão apresentados nas Tabelas 17 a 21. Serão apresentados dados consolidados dos testes realizados com velocidades de 50, 60 e 70 km/h.

Tabela 17 – Dados obtidos no sistema piezelétrico cerâmico, sem carga (vazio) a 70 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg										
		Número da passada										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	4100	3100	3100	2200	2200	2200	2300	1900	2000	2300	2300
	2	3800	3600	3900	2000	2400	2300	2200	2400	2400	2400	2200
	3	3600	3800	4200	6100	5700	6100	5800	5900	6100	4000	5500
	4	3000	3300	3200	2800	2700	2800	2700	2900	2800	3300	2900
	5	8300	3600	3800	3500	3700	3900	3800	3700	3800	6000	3500
	6	4900	4100	3900	3100	3400	3100	3300	3100	3200	2800	2900
	7	4700	3200	0	3700	3400	2700	2900	2300	2400	2800	3100
	8	3200	3100	0	3900	4700	3100	2900	2700	3000	3200	2600
	9	3300	0	0	2900	0	5900	6500	6300	5900	5200	7300
	10	4500	0	0	3300	0	3000	3000	3000	2900	3300	3300
	11	3500	0	0	0	0	2900	3200	3200	3200	3200	2900
	12	2700	0	0	0	0	3400	2800	3300	3500	2700	2700
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	3600	2500	2800	1400	2100	2000	1600	1900	2100	1600	1900
	2	2500	2600	2400	2000	1400	1700	1800	1600	1400	1700	1700
	3	2400	2900	2300	5200	4200	5300	5200	4600	4900	2500	5100
	4	1700	2100	2300	1200	2300	1800	1500	2100	2200	2100	2100
	5	6200	2500	2200	3100	2100	2700	2800	2600	2100	5800	2600
	6	2800	3500	3700	2200	2000	2200	16100	15800	2400	1800	2000
	7	2500	2600	0	2900	2100	1700	2400	2100	1800	1700	2000
	8	3000	2500	0	2600	4100	2900	2700	3200	3100	2600	2400
	9	1900	0	0	2400	0	4900	4400	4400	4400	5100	4800
	10	4100	0	0	2400	0	2200	2700	2600	2300	2500	2800
	11	2500	0	0	0	0	3000	2700	2900	3000	2600	2700
	12	2500	0	0	0	0	2600	2600	2900	3100	2800	2400
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	3200	1800	2400	1100	1700	1300	1500	1700	1500	1400	1200
	2	1700	2600	1800	1700	700	1400	1400	1100	1400	1400	1400
	3	2700	3200	2900	3400	3100	4200	4000	3400	3500	3400	4300
	4	2000	2100	3000	2300	2000	1400	1700	1900	1900	1900	1700
	5	5000	2500	2200	2000	2500	3200	3100	3200	3200	4100	2800
	6	2700	3800	4100	4000	2300	2900	2700	3100	2300	1400	2800
	7	2000	2000	0	3600	2100	1600	2200	1900	1900	1600	1700
	8	2800	2200	0	2400	4600	3100	2400	3100	3100	2600	2900
	9	2000	0	0	2100	0	6300	5700	5300	5300	5800	6200
	10	5100	0	0	2400	0	2500	2900	3100	3100	2900	2600
	11	2200	0	0	0	0	2500	1700	2000	2200	2000	2000
	12	2000	0	0	0	0	2500	2500	2600	2700	2200	2100
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vel. (km/h)		70	70	69	59	69	70	70	70	70	70	69

Os resultados contidos na Tabela 12, referem-se às 11 passadas do veículo vazio à velocidade de 70 km/h. Observa-se que, neste evento, o sistema piezelétrico cerâmico comportou-se de forma bastante errática, deixando de adquirir dados relativos aos três eixos de forma sistemática. Os dados adquiridos não apresentaram valores consistentes.

Já nos testes apresentados na Tabelas 18, 19 e 20, com o caminhão a meia carga, foram realizadas 18 passadas, sendo seis a 40 km/h, seis a 50 km/h e seis a 60 km/h. A análise dos dados gerados pelo sistema piezelétrico cerâmico mostra que o mesmo apresentou falhas na aquisição de dados, perdendo dados de forma sistemática em todas a velocidades testadas. Os dados adquiridos não apresentaram valores consistentes.

Tabela 18- Dados obtidos no sistema piezelétrico cerâmico com meia carga, a 40 km/h

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	1800	2300	2000	4700	2900	3200
	2	2500	2400	2000	4300	2900	3300
	3	5900	6400	6300	3800	3200	7700
	4	2400	3000	2900	3000	3300	3600
	5	3600	3300	3300	3500	4200	3400
	6	2900	3100	3300	4300	3800	3200
	7	2900	3000	3500	4000	8900	4300
	8	1900	3000	3800	3700	5100	4000
	9	6000	3400	3600	0	3500	3500
	10	3500	3700	4100	0	3300	3600
	11	3300	7200	8600	0	0	7700
	12	3200	5200	5200	0	0	5300
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
2	1	3300	3700	3600	6300	4200	4400
	2	4000	3600	4000	6400	4800	5100
	3	8600	9600	9100	4800	5800	10700
	4	4000	4800	5100	5300	4700	5000
	5	4400	5100	5300	5100	6400	5400
	6	4600	5000	4200	7500	6100	5600
	7	4800	4500	5900	5800	13000	6500
	8	5000	4700	5900	5400	8300	5900
	9	11600	5400	6000	0	5300	5800
	10	5700	5800	6100	0	5100	5500
	11	5000	14400	10700	0	0	12900
	12	4200	7500	7700	0	0	7900
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
3	1	3500	2700	3100	6800	4300	4400
	2	3900	4000	3200	6400	4800	5300
	3	7200	9200	9800	6100	7500	11100
	4	4200	4600	5400	4700	5000	6500
	5	4400	6000	5200	6300	6900	6200
	6	4000	5500	5100	6600	5500	7000
	7	4600	5000	5500	5200	15500	6600
	8	4000	4500	6100	5700	10200	5300
	9	12300	5700	6500	0	5100	5400
	10	5300	5000	5900	0	5200	5700
	11	5000	15000	14100	0	0	16200
	12	4000	9100	9900	0	0	10000
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
Vel. (km/h)		33	43	41	45	41	41

Tabela 19 - Dados obtidos no sistema piezelétrico cerâmico com meia carga, a 50 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	3100	3400	3100	3400	3300	3400
	2	3500	3600	3800	3900	4000	3700
	3	3700	3700	3800	4000	4000	4200
	4	3300	3100	3600	3300	3300	3300
	5	7500	3500	3500	4100	4200	4500
	6	3400	4200	4200	3900	4200	4300
	7	4600	4300	4100	3300	3600	3600
	8	3600	3900	4000	4000	4100	3800
	9	3500	0	0	0	0	7100
	10	2300	0	0	0	0	5000
	11	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
2	1	5000	5100	5700	4500	4900	4500
	2	5000	6100	5700	5700	5300	4800
	3	4700	4700	4800	5100	4800	5200
	4	5100	5000	4600	5800	5000	5700
	5	11100	6000	6300	5600	5600	5900
	6	5800	6900	6100	6200	6500	6100
	7	5700	5900	6300	5900	6000	5600
	8	5900	5700	6700	6100	6100	6100
	9	4600	0	0	0	0	13100
	10	4800	0	0	0	0	7900
	11	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
3	1	5600	5500	5500	4800	4600	4400
	2	6000	6100	5500	5900	6300	6000
	3	5300	5700	5900	6200	6200	6400
	4	5300	5500	5800	7900	6100	7800
	5	10800	7000	7100	6500	7000	7200
	6	6200	7100	6900	6700	6700	7000
	7	6900	5900	6300	5300	5700	5400
	8	6400	4600	5400	4400	4900	4500
	9	4200	0	0	0	0	14800
	10	3800	0	0	0	0	10000
	11	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
Vel. (km/h)		48	51	51	51	51	51

Tabela 20 - Dados obtidos no sistema piezelétrico cerâmico com meia carga, a 60 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	3500	3400	3400	2500	2000	2200
	2	4000	4400	4000	2400	2500	2700
	3	4200	4500	4100	7800	3800	4300
	4	3200	3500	3600	4300	3600	3200
	5	4000	3700	3100	4000	7100	8100
	6	4000	4100	4500	3400	3900	4100
	7	3300	3600	4500	4100	2800	3800
	8	4000	3900	3500	4100	4000	3900
	9	7500	0	0	3300	3800	3300
	10	4800	0	0	3200	3300	3600
	11	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
2	1	4500	4700	4900	3200	3300	3400
	2	6500	6800	6600	4300	4100	5000
	3	5900	5600	5200	12300	4900	5600
	4	5000	4400	4900	6400	5000	4800
	5	5800	6000	6200	5900	13000	12700
	6	6700	7100	7700	4700	5800	6600
	7	6600	6200	6100	6500	6000	6000
	8	6200	6600	7100	6600	7100	6400
	9	11800	0	0	5700	5300	5500
	10	7500	0	0	6200	6900	6800
	11	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
3	1	5500	6200	5400	4000	3900	3200
	2	5700	5900	6100	3600	3300	3800
	3	5500	5100	5100	13100	4200	4900
	4	7000	5800	5400	6500	5500	5700
	5	8000	7300	7700	5800	11800	12500
	6	6900	7500	8200	5600	7600	7200
	7	6000	6500	7000	8300	6900	6800
	8	5100	5300	5000	6800	7400	7300
	9	14900	0	0	4900	6700	6000
	10	10500	0	0	5000	4700	5000
	11	0	0	0	0	0	0
	12	0	0	0	0	0	0
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0
Vel. (km/h)		61	61	62	60	58	61

O teste com o veículo a carga plena, apresentado na Tabela 21, foi realizado a uma velocidade de 50 km/h e foram realizadas 11 passadas. Observou-se que o sistema piezelétrico cerâmico, como em testes anteriores, voltou a perder dados de forma sistemática, neste caso, as linhas de sensores 13, 14, 15 e 16 deixaram de adquirir os dados dos três eixos do veículo. Observou-se, também, que os dados adquiridos não apresentaram valores consistentes.

Tabela 21- Dados obtidos no sistema piezelétrico cerâmico com carga plena, a 50 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg										
		Número da passada										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	2600	2400	1900	2300	2600	2800	2300	1900	2400	2200	2300
	2	2900	3000	2500	2800	3100	2600	2600	2200	2400	1800	1700
	3	3100	3400	3200	3100	3300	3200	3200	1700	3100	3100	3900
	4	2500	2800	2800	2500	2600	2700	2900	1900	2900	2000	4200
	5	9800	9600	10200	9400	9700	9400	9300	9500	9300	9200	9300
	6	5500	5400	6100	5400	5400	5100	5500	6800	5200	4300	4100
	7	5000	4600	4600	4600	4700	5100	5400	5200	5600	3700	3600
	8	5000	4300	6000	4400	4900	5100	4000	7700	4100	5100	5000
	9	4400	4400	5800	4900	4700	4400	4000	6000	3700	5400	4600
	10	4200	4800	4600	4700	4400	4300	5500	5200	5300	3900	4300
	11	3900	4200	4700	3900	3800	0	5000	4200	5200	4500	0
	12	4200	4500	3400	4600	4600	0	3800	3400	4300	4000	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	5400	5800	4600	5300	5800	5800	5400	4400	5800	5700	6000
	2	7100	6800	7400	6900	7200	6600	6700	5600	6600	5300	6300
	3	6600	6600	6200	6600	6700	7200	6400	4200	6300	6700	8200
	4	6000	5500	5600	5900	5400	6000	5900	5000	5800	5900	6900
	5	19300	19200	19400	19100	18300	18600	19200	19100	19200	16100	16100
	6	10800	10500	12200	10400	10600	10400	11000	11400	9100	8800	8500
	7	10000	9900	8600	9700	9700	10100	11500	10100	10400	8800	9200
	8	10700	8000	12800	8500	11000	10600	8500	12700	8600	10800	10200
	9	9400	9300	11400	9900	10400	10000	9900	10100	9600	10400	8200
	10	8200	11100	8700	11000	8500	8700	12100	7400	10100	8100	8800
	11	8900	9900	10400	9700	9500	0	11100	9600	9600	8500	0
	12	8700	10000	8500	9400	9800	0	8800	7200	8300	7700	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	6000	5700	4800	5300	5900	5700	5700	4200	5400	5000	5400
	2	6900	6000	6700	6200	6200	6000	6200	5400	5700	5600	5600
	3	5800	5600	5800	5700	5600	6500	5800	4500	7000	6500	8100
	4	6100	6200	5400	6100	6200	6400	5900	5300	6500	5700	8100
	5	20800	20700	19800	20300	21000	20700	20500	15600	17700	17500	17000
	6	11500	11600	11800	11200	11600	10700	11600	9400	10400	9700	10400
	7	12400	9000	10700	9400	11800	12400	10700	10800	11000	9400	9200
	8	11000	7500	13000	7900	12100	11400	8200	13000	8200	10400	9900
	9	8800	11700	10600	12200	9300	9100	12300	10000	9800	9800	8800
	10	8400	12300	7800	11000	8100	7800	12500	7900	11500	8500	8200
	11	9400	11000	9800	10500	10800	0	11000	8800	9700	9000	0
	12	8100	8300	7700	8600	7900	0	7600	5900	7600	6600	0
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vel. (km/h)		48	51	51	50	51	50	51	43	42	34	34

4.1.3.4 Dados consolidados do sistema piezelétrico polímero

Os dados coletados, relativos ao sistema piezelétrico polímero, foram consolidados e estão apresentados nas Tabelas 22 a 26. Serão apresentados dados consolidados dos testes realizados com velocidades de 50, 60 e 70 km/h, com três tipos de carregamento, vazio, meia carga e plena carga.

Tabela 22 -Dados obtidos no sistema piezelétrico polímero, sem carga (vazio) a 70 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg										
		Número da passada										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	2900	3200	3800	3500	3100	3900	3400	4400	4100	3700	3500
	2	2700	2700	3600	3200	2900	3400	2500	3600	3400	3200	2600
	3	2500	2800	3100	1900	1800	1900	1000	2500	2200	1700	800
	4	2100	2700	2200	1800	1300	1600	1900	2100	2000	1700	1900
	5	300	400	300	400	200	400	400	300	300	400	300
	6	800	600	600	700	800	600	600	600	500	700	600
	7	2500	2500	2900	2100	2200	2500	2200	2900	2700	2200	2200
	8	1900	2400	2600	1800	2000	1900	1800	1900	1800	2100	1800
	9	600	1800	1600	1500	700	1700	1900	2500	2300	1700	1800
	10	2400	2600	2700	2700	2500	2900	2500	3300	3400	2500	2400
	11	2700	2500	2900	2100	2100	2600	2000	3100	3100	2100	1900
	12	1300	2200	2500	2000	900	2200	1900	2400	2200	1900	1900
	13	4100	4500	4900	4900	3800	6000	4700	6200	5500	4700	5100
	14	2500	2200	2800	2100	2500	3300	2300	3600	3500	2500	2400
	15	0	2700	2700	2400	2300	2500	1800	2900	2900	1900	1700
	16	0	2800	2800	3000	1700	2400	2100	2500	2500	2200	2000
2	1	4000	3300	3900	3700	3700	4600	3100	3900	3700	3300	3000
	2	4000	3300	3900	3700	3700	4600	3100	3900	3700	3300	3000
	3	3100	2400	2800	2400	1900	2100	1600	2700	2700	1500	1500
	4	1900	2000	2500	1200	1900	2400	1300	1700	2000	1500	1400
	5	300	400	400	400	300	400	500	500	500	400	400
	6	300	400	400	400	300	400	500	500	500	400	400
	7	2500	2500	2500	2400	2700	2400	2400	2700	2700	2300	2400
	8	1800	1800	1900	700	1800	2100	1700	2000	2100	1400	1600
	9	1800	1900	1700	2000	1900	2000	1500	2000	1600	1500	1300
	10	1800	1900	1700	2000	1900	2000	1500	2000	1600	1500	1300
	11	2400	2200	2400	1000	2200	1500	1700	1700	2000	1900	1900
	12	1200	2300	1700	1700	700	2200	1800	1600	1800	1500	2100
	13	2700	3100	3200	3900	2900	4300	2900	2500	3400	3100	4000
	14	2700	3100	3200	3900	2900	4300	2900	2500	3400	3100	4000
	15	0	2100	2300	2900	1800	2000	1300	1600	1800	1400	1500
	16	0	2800	2700	1700	2000	1800	2200	2300	2000	2100	1900
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	2800	2700	2900	1700	1900	3000	2000	2700	3000	2300	2400
	4	1800	1600	2100	1600	1300	1800	1100	1400	1700	900	1100
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	2100	2000	2200	1900	2200	1800	2100	2300	2000	1800	1500
	8	1400	1500	1500	1200	1200	1800	1200	1600	2000	1200	1400
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11	2000	1900	1900	2100	1700	1700	1300	1200	1400	1400	1800
	12	1100	2100	2000	1200	1000	2000	1900	1700	2000	1700	1800
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	2400	2600	2500	2000	2600	1500	1900	2300	2100	1700
	16	0	1900	1600	2000	1500	1000	1100	1000	700	1400	1300
Vel. (km/h)		70	71	69	59	69	71	71	71	70	70	69

Os resultados contidos na Tabela 22, referem-se às 11 passadas do veículo vazio à velocidade de 70 km/h, Durante os testes o sistema piezelétrico polímero, via de regra, comportou-se de forma errática. Pode-se observar que os dados referentes as linhas 15 e 16 deixaram de ser adquiridos na primeira passada. Observa-se, igualmente, que os valores adquiridos na passagem dos eixos 1 e 2, nas linhas 5 e 6, apresentam valores significativamente inferiores aos demais observados, Os dados adquiridos são muito dispares. Na passagem do 3º eixo observou-se a falta de informações das linhas 1, 2, 5, 6, 9, 10, 13 e 14, além da falta de homogeneidade dos valores dos dados adquiridos.

Já nos testes apresentados na Tabelas 23, 24 e 25, com o caminhão a meia carga, foram realizadas 18 passadas, sendo seis a 40 km/h, seis a 50 km/h e seis a 60 km/h. A análise dos dados gerados pelo sistema piezelétrico polímero aponta falhas na aquisição de dados. Para os eixos 1 e 2, há perda de dados nas linhas 15 e 16 e dados com valores significativamente inferiores aos demais observados nas linhas 5 e 6. Os dados adquiridos não apresentaram valores homogêneos. Quando da passagem do 3º eixo, não houve aquisição de dados nas linhas1,2,5,6,9,10,13,14 e os valores adquiridos nas outras linhas não apresentaram valores homogêneos.

Observa-se que apesar de apresentarem valores dispares, a mesma faixa de grandeza se repetem ao analisar cada linha de sensores nas três velocidades de teste, com algumas exceções.

Tabela 23 - Dados obtidos no sistema piezelétrico polímero com meia carga, a 40 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	3500	3900	4600	5100	3800	3900
	2	3300	3500	4000	4000	3100	3100
	3	1200	1200	2700	3900	3000	3100
	4	1500	1000	1500	3400	3100	3100
	5	500	400	600	600	600	600
	6	400	800	1100	1100	1200	1100
	7	2900	3000	3500	4300	3100	3200
	8	2900	2800	2500	2400	2900	2800
	9	2500	2100	3000	2700	3200	3200
	10	3100	3100	4000	4100	3900	4000
	11	2700	2800	3800	3700	2700	2700
	12	2500	2500	3100	3100	2700	2700
	13	5100	5100	5900	5400	5300	5300
	14	3000	2900	3700	2900	3000	2900
	15	0	3100	3500	3100	0	3100
	16	0	3400	3700	3500	0	3100
2	1	5600	6000	7000	6000	5600	6000
	2	5600	6000	7000	6000	5600	6000
	3	3000	3700	4700	5900	5300	4900
	4	3100	4200	4600	4100	4000	3900
	5	1000	900	1000	1000	1000	1000
	6	1000	900	1000	1000	1000	1000
	7	5400	4900	5700	5700	4300	5000
	8	4400	3700	5000	5100	4400	4200
	9	3800	4000	4900	5400	4500	5000
	10	3800	4000	4900	5400	4500	5000
	11	4000	4500	5300	5400	4900	4500
	12	3700	4300	4600	4000	4600	4600
	13	8100	7900	10300	7800	8200	8400
	14	8100	7900	10300	7800	8200	8400
	15	0	5000	5700	5800	0	4900
	16	0	4800	4100	5200	0	4400
3	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	2700	4200	4300	5200	4900	4400
	4	2800	3200	4700	4400	3900	4000
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0
	7	5200	4100	5100	5900	4800	4800
	8	5000	4100	4800	5000	4300	4000
	9	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0
	11	4300	4800	5900	6000	5100	5200
	12	4500	4100	4200	4900	4100	4300
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	4600	4600	4800	0	4200
	16	0	4600	4700	4200	0	4600
Vel. (km/h)		33	42	40	44	41	41

Tabela 24 - Dados obtidos no sistema piezelétrico polímero com meia carga, a 50 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	3400	4400	4900	4200	4500	4100
	2	3300	3600	4200	3700	4400	3800
	3	2900	3700	4000	3300	3600	3200
	4	2900	3200	3400	2900	2800	2900
	5	600	600	600	600	600	600
	6	1200	1500	1100	1100	1000	1100
	7	3200	4100	4200	3100	3400	3200
	8	3000	3300	3000	2700	2900	3100
	9	3100	3500	4200	2900	2800	3100
	10	4100	4800	5300	3800	4000	4200
	11	3200	4000	4800	2900	3400	3400
	12	2500	2700	3100	3100	2900	3000
	13	4600	6500	6900	5500	5500	6000
	14	2800	3900	4400	2700	3300	3200
	15	0	3600	0	0	3000	3200
	16	0	2600	0	0	3500	3700
2	1	5100	6200	6900	6200	7100	6200
	2	5100	6200	6900	6200	7100	6200
	3	4300	5200	5100	4800	5400	4500
	4	4300	4300	4600	5100	5500	4500
	5	1000	800	900	900	1000	900
	6	1000	800	900	900	1000	900
	7	4300	5100	6100	4600	5400	5200
	8	4300	3100	4800	4300	4100	3800
	9	4500	4600	5000	4800	5200	4500
	10	4500	4600	5000	4800	5200	4500
	11	4400	5000	5100	5300	4900	4800
	12	3700	2600	4100	3900	4200	4000
	13	5900	7800	8200	7800	9500	8700
	14	5900	7800	8200	7800	9500	8700
	15	0	4500	0	0	5300	5100
	16	0	4300	0	0	4800	4500
3	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	4100	5400	5800	5300	6000	5500
	4	4000	3500	4300	3800	4500	3900
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0
	7	3600	4600	5200	5000	5100	4500
	8	4100	2800	4000	3500	4200	4200
	9	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0
	11	4200	4900	5900	4500	5300	4800
	12	4200	3400	3900	4700	4300	4200
	13	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0
	15	0	3900	0	0	4900	5400
	16	0	4000	0	0	4700	4500
Vel. (km/h)		50	51	51	51	50	50

Tabela 25 - Dados obtidos no sistema piezelétrico polímero com meia carga, a 60 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	4100	4800	3900	3700	4700	4100
	2	3900	4200	3200	2900	3900	3700
	3	3500	3800	3600	1700	3000	2400
	4	3000	3000	2800	2400	2700	2200
	5	700	600	500	700	600	600
	6	1100	1000	1200	1100	1300	1100
	7	3200	3600	2900	3100	4100	2800
	8	3000	2700	2200	2800	3400	2800
	9	2900	3400	2600	3300	3300	3200
	10	4000	4500	3900	4300	4500	4100
	11	3100	4100	2600	5600	4800	5200
	12	2800	3000	1300	2700	3000	2700
	13	5700	6700	3800	2300	2100	2300
	14	2800	4500	3000	2600	1000	2500
	15	0	3700	0	0	0	0
	16	0	3800	0	0	0	0
2	1	6900	7400	6800	5600	5900	6700
	2	6900	7400	6800	5600	5900	6700
	3	5500	5300	4700	4500	4100	4000
	4	4300	4300	4000	3200	3300	3700
	5	900	1000	1000	1000	800	1100
	6	900	1000	1000	1000	800	1100
	7	5600	6100	6200	5200	5200	5400
	8	4100	4900	3000	4200	3700	3000
	9	5400	4900	4500	4400	4000	4700
	10	5400	4900	4500	4400	4000	4700
	11	5100	5800	6000	7900	7400	10200
	12	4100	4800	3100	7900	7400	10200
	13	8200	9100	6300	4400	3600	4600
	14	8200	9100	6300	4000	3900	3100
	15	0	6200	0	0	0	0
	16	0	5100	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	4600	4900	4500	3100	3900	4100
	4	6400	5900	5500	4500	4000	4500
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0
	7	4200	4900	4100	4300	3900	4200
	8	5000	5700	4300	5400	3800	5000
	9	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0
	11	4800	4800	4800	0	0	0
	12	5200	5300	4000	0	0	0
	13	0	0	0	3800	3200	4200
	14	0	0	0	4300	3800	3900
	15	0	5000	0	0	0	0
	16	0	4600	0	0	0	0
Vel. (km/h)		61	61	62	60	60	62

Tabela 26 - Dados obtidos no sistema piezelétrico polímero com carga plena, a 50 km/h.

Eixo	Linha	Massa em kg										
		Número da passada										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	3700	4900	3100	4900	4600	3800	2900	3400	1400	3400	4700
	2	3200	4200	2500	3800	3800	2800	1300	2800	1200	3400	4000
	3	2700	3000	1200	2800	3000	2500	900	1400	1100	6000	4600
	4	2400	2900	1300	2700	2700	2700	1100	1200	900	5200	3800
	5	600	400	400	500	500	600	200	400	2500	2100	300
	6	1000	1000	1100	900	900	1000	1000	1100	2100	1100	600
	7	3500	4500	3000	4300	4100	3500	3200	3100	3400	3800	4800
	8	3400	3400	2400	3000	3200	3500	2600	2500	2600	2900	3000
	9	2800	4100	1800	3200	2600	3100	1000	11300	12700	10500	3100
	10	3600	4800	3300	4100	4000	3800	3300	6900	7700	4100	4000
	11	3200	4900	3100	4400	4300	3000	3000	3200	3400	3300	4600
	12	3100	3800	1800	3600	3400	3200	1700	1900	1900	2300	3500
	13	6300	8700	5200	7600	6800	6500	5000	5000	5000	5500	6600
	14	3500	5300	3600	4600	4100	3500	3600	3600	3700	4900	4500
	15	0	0	0	0	0	0	0	6000	0	5400	4200
	16	0	0	0	0	0	0	0	5100	0	3800	4200
2	1	9300	10100	8900	9500	10900	8800	9700	8600	9300	25000	9300
	2	9300	10100	8900	9500	10900	8800	9700	8600	9300	25000	9300
	3	7000	5900	6200	6400	6900	5500	5700	6600	6200	6300	7200
	4	6000	6400	6100	6700	7300	5900	6100	6400	6100	5200	6300
	5	1400	1500	1300	1400	1400	1400	1300	1200	0	0	1300
	6	1400	1500	1300	1400	1400	1400	1300	1200	0	0	1300
	7	7000	8400	7800	8200	7700	6800	8000	7800	8800	7600	8000
	8	6200	6700	5500	6700	6600	6500	5400	6900	6900	4600	6800
	9	6900	6700	7200	7800	7000	6000	6900	0	0	0	6300
	10	6900	6700	7200	7800	7000	6000	6900	0	0	0	6300
	11	6800	7400	7200	7700	7700	6900	7300	7200	7300	7800	7200
	12	6700	6500	5100	6700	6600	7300	5200	5500	5200	5500	7600
	13	11700	12700	11300	14100	15000	12500	11800	11800	13900	5600	14500
	14	11700	12700	11300	14100	15000	12500	11800	11800	13900	5600	14500
	15	0	0	0	0	0	0	0	4800	0	12500	7500
	16	0	0	0	0		0	0	4800	0	12500	6400
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	6300	0	0	0	0	0
	3	7300	7400	7000	7800	7800	5700	6800	7200	7300	0	7900
	4	5500	6300	5900	7600	7400	0	6000	5300	5600	0	5800
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	7000	0	0	0	0	0
	7	7500	7900	7600	8600	8400	6700	8000	7600	8100	7000	8000
	8	6100	7700	6100	7600	8000	0	6000	5800	5200	6100	7500
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	7000	0	0	0	0	0
	11	7700	7800	8000	8700	8800	7800	7700	7700	7800	8300	8500
	12	8200	6700	6000	7100	8200	0	5300	5400	5100	4600	6300
	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7000
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7800
Vel. (km/h)		49	51	51	51	51	51	51	44	42	33	33

No teste com o veículo a carga plena, cujo resultados são apresentados na Tabela 26 foram realizadas 11 passadas a 50 km/h. Analisando os resultados, observou-se que o sistema piezelétrico polímero novamente deixou de registrar dados. Os sensores 15 e 16 foram os que apresentaram a maior frequência de perda de dados, deixaram de adquirir os dados dos eixos 1 e 2 nas passadas 1,3,4,5 e 6. Mantendo um padrão de erro, a passagem do 3º eixo foi a que apresentou o maios índice de falhas na aquisição de dados, com ausência dos mesmo nas linhas1, 2, 5, 6, 9, 10, 11,12, 13, 14, 15 e 16, nas passadas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Os dados adquiridos não apresentaram valores homogêneos, repetindo o comportamento dos testes realizados com o caminhão vazio e a meia carga.

4.1.4 - Testes realizados nos dias 25 a 27 de novembro de 2009

Os testes realizados entre 25 e 27 de novembro de 2009 tiveram por objetivo principal, testar o funcionamento dos sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero, durante e após as modificações efetuadas pela equipe técnica francesa da ECM, fabricante dos equipamentos, em conjunto com a equipe técnica da sua representante comercial no Brasil e outros técnicos de empresas parceiras no projeto, com vistas a resolver os problemas de integração dos sistemas.

Os testes foram realizados com o caminhão 3C do DNIT (Figura 16) com velocidades variando de 22 km/h até 52 km/h e com o fluxo de veículos desviados da pista principal da rodovia para a pista experimental de testes.

Figura 16 - Veículo 3C em teste

O Veículo 3C, utilizado no experimento controlado foi pesado em duas condições de carregamento (Figura 17) , vazio (TARA) e a carga plena (PBTC) em três sistemas diferentes, a saber:

- Balança de plataforma estática
- Balança de transito lento do Posto de Pesagem
- Balança estática por eixo

Figura 17 - Carregamento Veículo 3C

A Tabela 27 apresenta os diversos valores em quilogramas encontrados para os três tipos de medições efetuadas.

Tabela 27 - Peso por eixo e PBT do Veículo 3C utilizado para testes dos sistemas de pesagem instalados na pista experimental, realizados em 14/10/2009.

Pesagem	Massa em Kg				
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Tara	PBT
Balança estática de plataforma				7200	20430
Balança de trânsito lento do PPV	3070	2250	2080	7400	
	2750	8910	8910		20570
Balança estática por eixo	2906	2275	2085	7267	
	2661	8964	8876		20501

4.1.4.1 Observações sobre os testes realizados

Durante os testes foram feitas observações, as quais relatam um conjunto de atividades de verificação e análise dos sistemas instalados, com o objetivo de corrigir falhas detectadas nos testes anteriores e outro conjunto de observações que

especificam as condições de contorno utilizadas para obtenção dos dados e informações sobre a pesagem de veículos.

As Atividades que antecederam à realização dos Testes iniciaram com uma completa verificação das instalações física dos sensores piezo cerâmico e piezo polímero na pista;

Após a verificação da eletrônica responsável pela aquisição e processamento dos sinais oriundos dos sensores, a equipe técnica responsável pela análise detectou, como causa do mau funcionamento dos sistemas HESTIA, os seguintes fatores:

- As estações não estavam equipadas com baterias;
- As freqüências dos laços indutivos não estavam devidamente ajustadas;
- As unidades HESTIA não estavam equipadas com os chaveamentos que permitem acionar um atraso no tempo de acionamento do laço indutivo;
- O circuito que permite acionar o sistema que evita a coincidência na detecção de um eixo não estava ativado;
- Alguns conectores da estação HESTIA que recebe as informações geradas pelos sensores piezelétrico polímeros não estavam corretamente instalados;
- Algumas conexões dos laços indutivos não estavam instaladas de modo apropriado;
- A falta de comunicação apropriada entre os diversos sistemas e a central de controle foram devido à falta de conhecimento do protocolo usado pela estação HESTIA;

Os problemas detectados pela vistoria inicial foram devidamente catalogados e identificadas suas soluções. Algumas foram implementadas durante a realização dos testes e outras foram objeto de análise posterior, com o compromisso de encaminhar as soluções para implementá-las.,

Após efetuados os ajustes, foram feitas coletas de informações dos sistemas de pesagem piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímeros. As observações apresentadas abaixo permitem identificar as condições encontradas/vivenciadas durante a realização dos testes, a saber:

- Quanto ao carregamento do veículo 3C, o mesmo foi realizado de acordo com o previsto;
- Com relação aos sensores propriamente ditos, aparentemente, estavam funcionando dentro dos padrões esperados;

- No que tange à aquisição de dados observou-se:
  - O sistema piezelétrico quartzo não foi ativado;
    Após as correções implementadas, os sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero passaram a funcionar, registrando todas as informações de cada passada do veículo de teste; à exceção do sistema piezelétrico polímero que deixou de registrar, durante a sexta passada, dados do eixo 2 nas linhas de sensores 1 e 2;
  - O sistema de integração da coleta de dados não foi ativado, sendo que a aquisição dos dados foi feita por meio de 2 notebooks ligados serialmente às unidades HESTIA.
- No que se refere ao processamento de dados observou-se:
  - Os sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero apresentaram todas as medidas por eixo/sensor, peso bruto total, e distância entre eixos corretamente Os sistemas piezelétrico cerâmico e piezelétrico polímero foram operados independentemente, e seus dados obtidos por meio de 2 notebooks ligados de forma serial às eletrônicas de aquisição de dados das estações HESTIA.
- O sistema de vídeo auditoria não estava operacional, portanto não houve geração de imagens das placas dos veículos;

4.1.4.2 Dados consolidados do sistema piezelétrico cerâmico

Os dados coletados, relativos ao sistema piezelétrico cerâmico, foram consolidados e estão apresentados na Tabela 28.

Tabela 28- Dados obtidos no sistema piezelétrico cerâmico com carga plena

Eixo	Linha	Massa em kg					
		Número da passada					
		1	2	3	4	5	6
1	1	3100	3500	3200	3000	2400	2300
	2	2600	2600	3200	2200	2300	2300
	3	2600	3900	4000	3200	2500	2400
	4	2300	3600	2800	3500	3400	2700
	5	4100	4500	4600	4500	4000	2400
	6	2300	3100	3000	2900	2200	2600
	7	2200	2300	2200	2700	2600	4000
	8	2600	2500	3000	2800	2700	2200
	9	2200	3500	2700	2400	2200	3200
	10	1800	4400	2600	2100	2100	4300
	11	3000	3000	4000	3300	3400	1900
	12	3700	2200	4000	4400	5000	2000
	13	3000	3000	3400	3800	3000	3000
	14	3700	3300	3700	3600	3300	2700
	15	1800	3200	3200	3700	3100	3500
	16	2500	3300	3200	2900	2500	2700
2	1	9400	10600	9100	9300	8800	-
	2	10400	8300	8600	7300	8100	-
	3	10200	10500	10300	10200	9600	8400
	4	8000	11300	10500	9900	9300	8400
	5	13900	15500	14200	13800	14000	7000
	6	9200	15800	9600	10400	8200	8200
	7	7600	8600	9000	8000	7300	12200
	8	9700	9500	10300	8900	8600	8000
	9	8600	18200	10000	7700	7000	11600
	10	7100	13700	8600	7600	7000	14400
	11	11000	8600	12400	13300	11700	6700
	12	11700	8500	14300	14700	14900	6900
	13	12400	7300	11500	10000	10200	9600
	14	12100	10400	10400	10900	10700	8900
	15	400	13100	8300	11500	10300	10900
	16	10200	13500	10700	10100	8800	10600
3	1	16500	16700	18400	16900	9300	7800
	2	17900	15200	9100	16100	7900	7800
	3	18700	16100	10200	15100	9700	8500
	4	16600	16600	16900	17000	9700	8900
	5	21000	20400	21400	19200	13600	7200
	6	15000	20400	9900	14300	8400	7200
	7	15300	13100	14200	11500	7300	12000
	8	14200	13300	10000	12300	8500	7900
	9	16400	17900	9600	11400	12000	11900
	10	12500	17900	13100	11400	8400	11900
	11	18300	10700	13100	16600	12700	12600
	12	19600	13800	21100	16600	23200	9400
	13	11100	11500	10100	10700	10900	9700
	14	11100	13800	10400	15700	10600	9700
	15	2100	12300	9200	11300	9500	10200
	16	16200	9600	10700	7900	9200	10200
Vel. (km/h)		47	52	52	52	25	22

4.1.4.3 Dados consolidados do sistema piezelétrico polímero

Os dados coletados com veículo 3C carga plena, relativos ao sistema piezelétrico polímero, foram consolidados e estão apresentados na Tabela 29.

Tabela 29- Dados obtidos no sistema piezelétrico polímero com carga plena

Eixo	Linha	Massa em kg						
		Número da passada						
		1	2	3	4	5	6	7
1	1	1900	800	900	2400	1700	2000	1000
	2	1500	1900	1600	2300	2100	1900	1500
	3	4200	2200	2800	2600	2200	2200	2500
	4	4300	2300	2500	2400	2600	2700	2300
	5	1900	1700	1100	3500	3800	4200	1500
	6	1700	2000	2100	1900	1900	1900	1300
	7	5200	3900	4000	2000	2100	2100	3500
	8	4700	1900	2100	2800	1800	2100	1900
	9	3600	3000	2800	1700	2000	1800	1600
	10	3800	4300	3800	1600	1700	1900	2800
	11	1800	1600	2100	2900	2700	2700	1700
	12	2800	1500	1600	3700	3800	3600	1700
	13	1500	2700	800	2200	2500	2800	1900
	14	2000	1600	1900	2500	2700	2800	1400
	15	3200	2800	2300	2400	1700	1900	2200
	16	2200	2600	9600	2800	2600	2600	2500
2	1	7500	6400	4500	6800	6700	7100	7000
	2	6300	6600	5000	7000	7100	7000	6900
	3	11300	7600	8100	7900	7600	7600	8100
	4	11600	7600	8200	8300	8100	8200	8200
	5	6400	6200	3200	13000	12000	12300	6300
	6	7200	7100	5600	6900	6600	6800	6900
	7	15700	12900	10900	6900	6500	6700	12400
	8	11200	7500	8300	7000	7100	7100	6800
	9	11900	10700	10000	6200	5800	5700	10300
	10	12100	12300	10100	6300	5800	5600	11700
	11	7600	5700	7600	10600	10000	10300	6200
	12	10600	6200	5400	11900	11900	12400	5800
	13	8700	9100	7300	8200	9900	9800	9000
	14	8600	7100	4800	7900	9200	9200	8400
	15	9200	10000	8400	9400	8900	9300	8200
	16	9800	9300	16900	9900	9200	8600	7800
3	1	6500	6900	5500	8100	14800	15000	7800
	2	6200	7100	5300	15500	16600	16800	6500
	3	10100	11500	7100	7700	14200	14000	7200
	4	11400	13300	8800	8500	7800	8000	8300
	5	6600	6900	3800	13700	13200	22500	5900
	6	6600	6900	5800	14000	13600	14200	7500
	7	14700	18000	10300	15400	15100	15200	13800
	8	10400	12500	7600	14500	15400	15100	13500
	9	11800	11600	10900	10000	11900	12300	11100
	10	12000	13700	10000	11500	11600	11200	11700
	11	7500	11200	6500	1100	10300	19200	10400
	12	9400	8300	5400	20800	21500	21700	11000
	13	7100	8700	6600	15300	10300	10100	9200
	14	7800	6300	3800	7800	9100	8500	8700
	15	9700	11000	8000	10300	17200	16700	14400
	16	9200	10800	16000	9300	7800	8500	13800
Vel. (km/h)		47	42	45	24	24	24	28

No teste com o veículo 3C a carga plena, cujo resultados foram apresentados nas Tabela 28 e Tabela 29, foram realizadas 6 e 7 passadas respectivamente, com velocidades variando de 22 a 52 km/h. Analisando os resultados, observou-se que os sistemas piezelétrico polímero e cerâmico melhoraram significativamente o processo de registro de dados. Observa-se que no entanto, durante a 6ª passada, o peso do eixo 2 deixou de ser registrado nas linhas 1 e 2 dos sensores piezelétrico cerâmico. Observa-se, também que os valores registrados apresentaram acentuada dispersão, variando de forma aleatória entre os diversos sensores numa mesma passada.

CAPÍTULO 5 – TESTES DO SISTEMA DE ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO DO PAVIMENTO

5 TESTES DO SISTEMA DE ANÁLISE DE DEFORMAÇÃO DO PAVIMENTO

O sistema de análise do comportamento mecânico de pavimentos que realiza o levantamento da deformação do pavimento, instalado na pista experimental em Araranguá, é composto por sete sensores de deformação e um sensor de temperatura, são conhecidos respectivamente como Strain Gage e Termopar.

Os cabos de alimentação elétrica e conexão dos sensores entram no abrigo de aquisição de sinais *outdoor* por eletrodutos posicionados sobre a sua estrutura de suporte, estes estão localizados próximo ao local de instalação dos sensores. Os dispositivos eletrônicos de controle de teste, um computador para processamento de dados e um aquisitor de sinais, estão instalados no interior do abrigo *outdoor*.

A Figura 18 apresenta o conjunto de sensores instalados sob a massa asfáltica, sendo S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7 e S8 os respectivos sensores e o gabinete de aquisição de dados apresentado como abrigo outdoor.

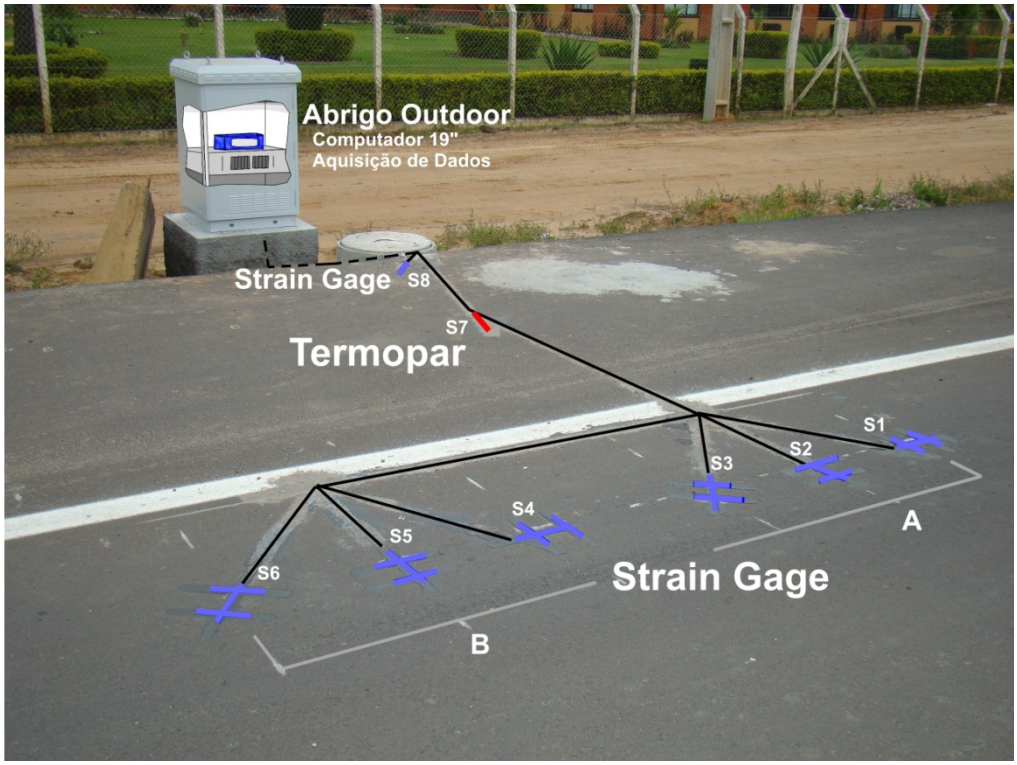


Figura 18 – Sistema de análise de deformação em pavimentos.

Os sensores de deformação seguem o sentido do eixo da trilha de roda esperada dos veículos de cargas e seguem três alinhamentos básicos com relação ao eixo: longitudinal, transversal e esconso em 45º. Os três tipos se repetem em dois grupos (A e B) e todos estão instalados na profundidade de 3 cm em relação a superfície. Os sensores S1, S2 e S3 correspondem ao conjunto A e os S4, S5 e S6 ao conjunto B.

O sensor de temperatura está instalado na parte central do acostamento na mesma profundidade dos sensores de deformação, está marcado como S7 na Figura 18. O sensor S8, que realiza a compensação térmica dos Strain Gauge, está instalado na borda externa do pavimento próximo ao sistema de aquisição de sinais.

5.1 Sistema de Aquisição de Sinais

O sistema de aquisição de sinais permite gravar as informações registradas quando ocorrer à passagem de qualquer veículo. Os cabos de conexão entre os sensores e o sistema de aquisição de dados passam por cortes no pavimento asfáltico e por eletrodutos até a placa com os canais de aquisição de sinais. Os cabos são conectados em seu respectivo canal de leitura analógico. Cada canal possui um conector de quatro entradas com a respectiva referência simbológica “E” para alimentação, “+” para polaridade positiva, “-“ para polaridade negativa e “T” para terra, que permite conexões de termopar, sensores de ponte, transmissor de corrente, sensores de efeito hall entre outros.

A Figura 19 apresenta a placa de coleta de dados do sistema de análise de deformação em pavimentos, na qual os cabos brancos com listra azul correspondem aos sensores de deformação, o cabo marrom corresponde ao termopar do tipo J. A forma do tipo de conexão de cada sensor varia de acordo com o princípio de funcionamento, que varia o número de entradas necessárias para cada conector. O conector no topo da imagem é igual a todos os pertencentes às placas de aquisição, está apresentado o significado da simbologia que consta nos conectores.

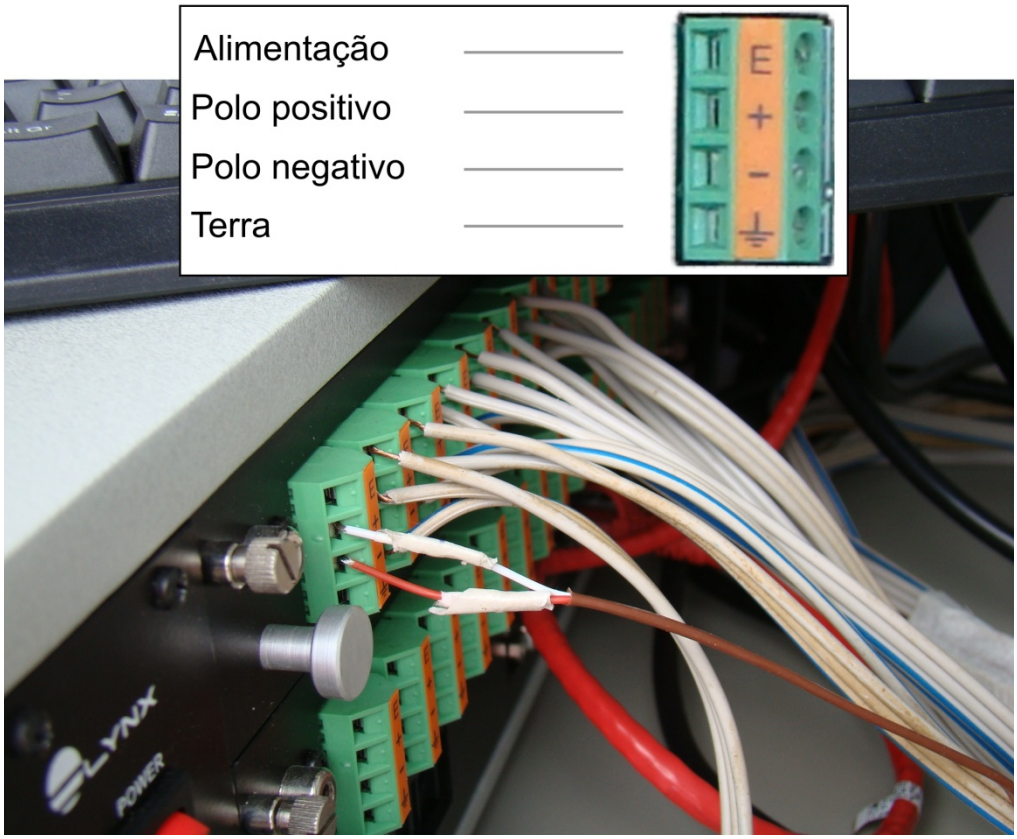


Figura 19 – Conexão dos cabos ao sistema de aquisição de sinais.

O dispositivo permite conectar individualmente cada dispositivo a um canal de aquisição. A aquisição de sinais é ajustável de duas maneiras: uma via hardware, no dispositivo de aquisição de sinais, e outra via software, no computador de tratamento e armazenamento de sinais.

5.1.1 Ajustes de aquisição de sinais

Os possíveis ajustes de Hardware e Software do sistema de aquisição de sinais são ora realizados em escritório, ora diretamente em campo. É desejável realizar as configurações de hardware em escritório, onde o ambiente pode ser controlado e limpo e as configurações de software podem ser realizadas em ambas as situações, desde que existam condições para o funcionamento dos equipamentos como alimentação elétrica e proteção contra as intempéries.

O dispositivo de aquisição de sinais possui duas placas com 16 canais cada. Nas entradas dos canais, o hardware pode ser configurado individualmente para cada sensor. Na Figura 20, a parte superior mostra os dispositivos de ajuste de

impedâncias “DIP” das entradas de sinais, a parte inferior apresenta o módulo de aquisição com as duas placas de 16 canais cada.

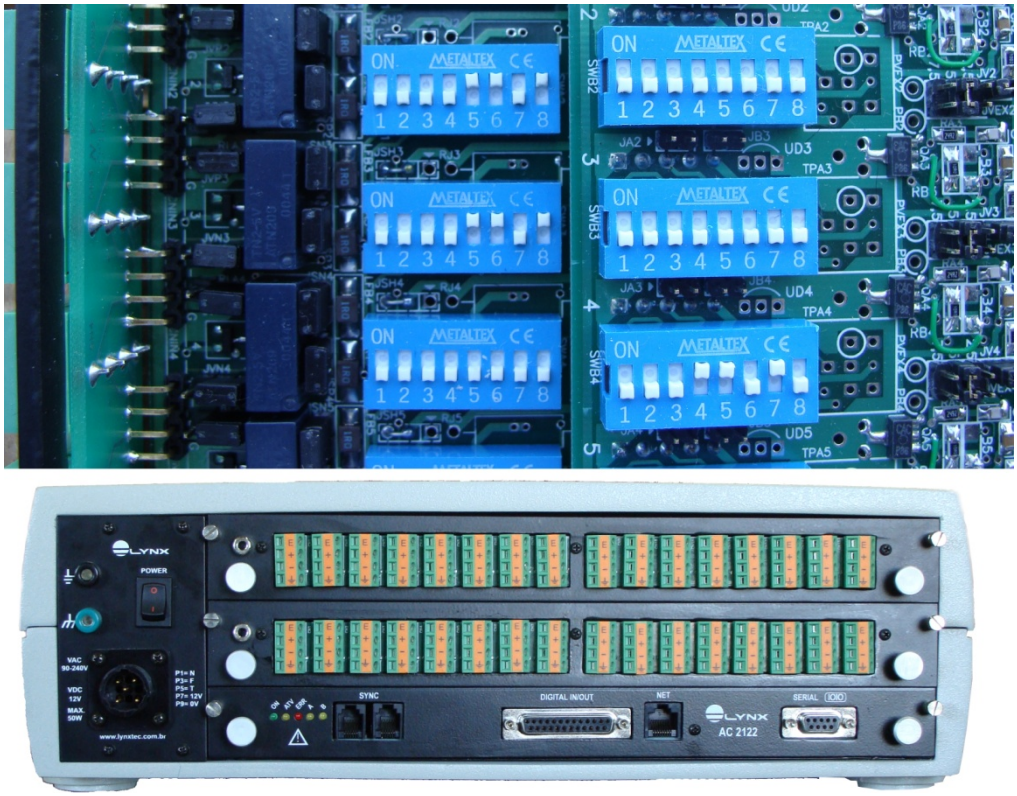


Figura 20 – Placa de aquisição de sinais.

As entradas dos canais são numeradas da esquerda para direita na ordem crescente para um observador frontal as placas. Os canais utilizados obedecem a seguinte sequência: canal 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

O canal 0 corresponde à entrada do sensor de temperatura, que é um termopar do Tipo J. Os canais de 1 a 7 correspondem aos sensores de deformação, sendo destes os canais de 1 a 6 sensores que registram a deformação aplicada pelos veículos ao pavimento e o canal 7 o sensor de deformação para compensação do efeito da variação de temperatura.

As configurações do dispositivo de ajuste de impedância seguem conforme a indicação do fabricante do módulo de aquisição de sinais. Em cada canal existem dois “DIP”s de configuração com 8 impedâncias diferentes que se combinam para configurar a entrada de sinais do sensor. A configuração utilizada no DIP 01 do canal 0 é do tipo termopar com as impedâncias 5, 6 e 8 ligados e demais desligados, no DIP 02 todas as impedâncias estão desligadas. Os demais canais obedeceram a

configuração para strain gage de ¼ de ponte, ou seja, uma configuração do DIP 01 com todos desligados e no DIP 02 4, 5 e 7 ligados e demais desligados.

A ferramenta de configuração das entradas analógicas do módulo está inserida o software de aquisição. As entradas são ajustadas para capturar os sinais gerados de maneira a diminuir os efeitos de interferências como o caso do ruído de sinal. Nesta etapa ajusta-se, o nome do canal, a unidade de medição, o ganho de entrada, o valor do filtro passa baixa, entre outras.

A Figura 21 mostra o sinal corresponde ao teste realizado com o caminhão 3C. Nesta janela do aplicativo existem as configurações importantes como a faixa do A/D em volts, ganho, chaves de ganho, filtro passa baixa em hertz, repouso engenharia, entre outros.

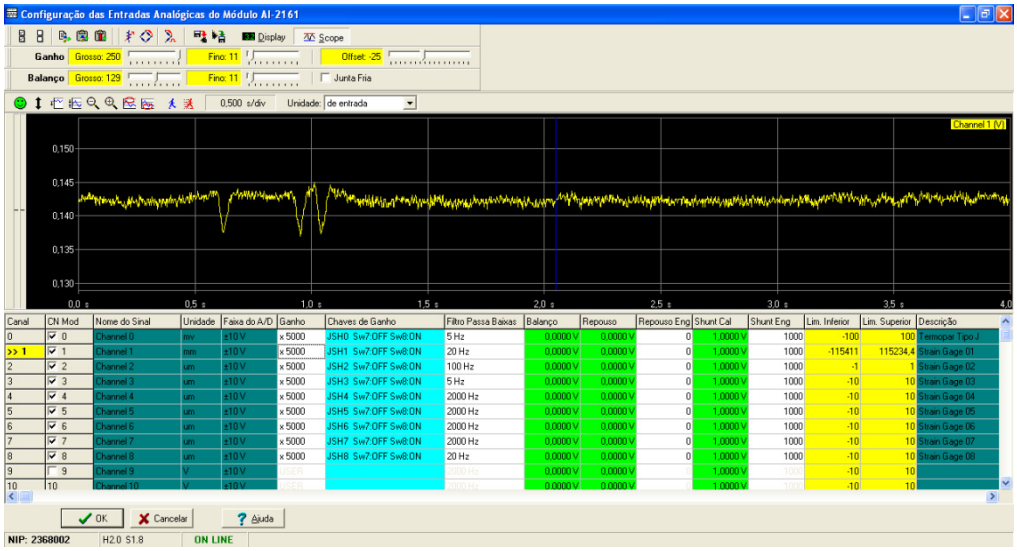


Figura 21 – Painel de controle de sinais.

O primeiro teste realizado possibilitou a verificação da forma dos sinais obtidos durante a passagem de um veículo automotivo a baixa velocidade. A Figura 22 mostra o sinal capturado pelas entradas 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 e correspondem aos sensores S1 até S8 em sequência. Os sinais estão na sua forma bruta e em escala otimizada para cada canal, os canais de aquisição estão no mesmo intervalo de tempo, conforme o eixo das abscissas.

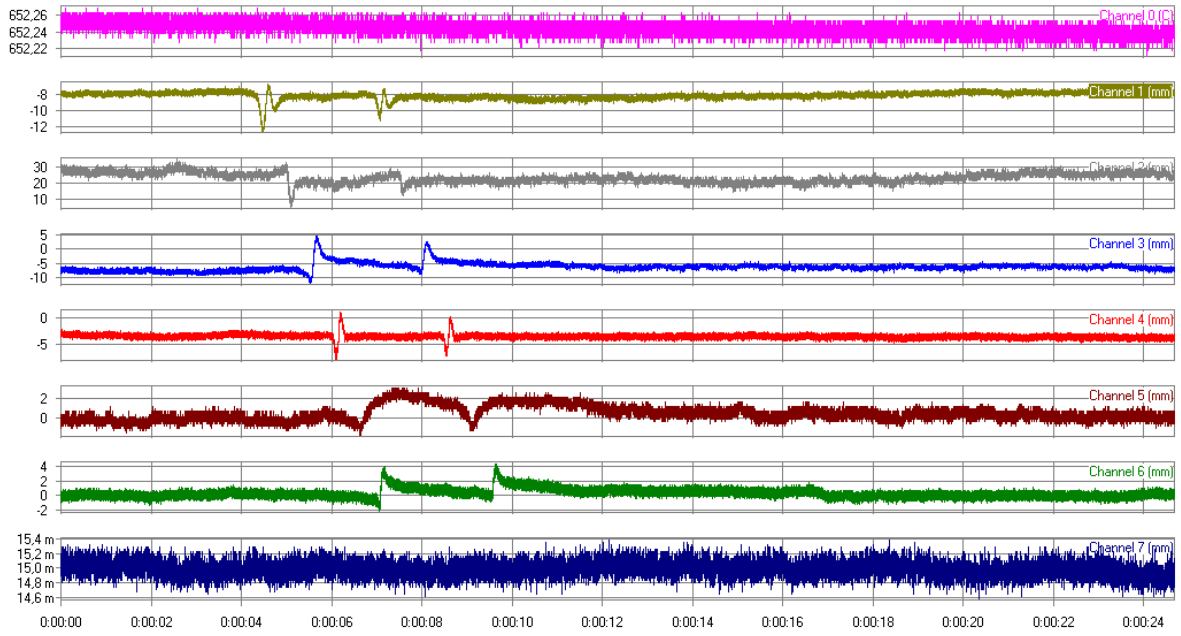


Figura 22 – Pacotes de sinais do primeiro teste realizado.

5.1.2 Aferição do sistema por regressão linear

O sistema de aquisição permite aferir qualquer canal de aquisição, em outras palavras, estabelece os limites de fundo de escala das entradas analógicas. As duas formas possíveis de aferição são por regressão linear e por ganho e ponto de referência. Para os sensores utilizados neste projeto a aferição mais adequada é por regressão linear, pois é necessário conhecer o ganho do sinal em volts por unidade de engenharia (microdeformação - μm) na aferição por ganho e ponto de referência.

O método de regressão elabora uma tabela com um conjunto de pontos de tensão de entrada no canal de conversão e os respectivos valores na unidade de engenharia. Com estes pontos, o sistema determina, por regressão linear, a melhor reta entre esses pontos e consequentemente calculam quais são os valores limites de fundo de escala para o canal.

A composição da tabela de conjunto de valores de tensão de voltagem e deformação é realizada em campo. O método mais comum e prático para medir a deformabilidade da estrutura do pavimento é com a viga Benkelman. A prova é realizada com um caminhão com dois eixos simples e lastro no eixo traseiro de 8,2 tf (80 kN), sua suas rodas duplas são com pressão interna de 5,6 kgf/cm² (0,55 MPa

ou 80 lb/pol²). A ponta de prova da viga é colocada a meia distância das rodas do semi-eixo traseiro onde se executa as leituras no extensômetro.

A Figura 23 mostra a janela de aferição por regressão linear do canal 0, termopar. A tabela com o conjunto de valores pode ser acessado no quadro a direita onde V é o valor de voltagem e Val. Eng. os valores de engenharia encontrados, no caso deste estudo é deformação. O sistema apresenta a correlação dos dados ao final da inserção dos valores e este não deve ser inferior a 99,00 %.

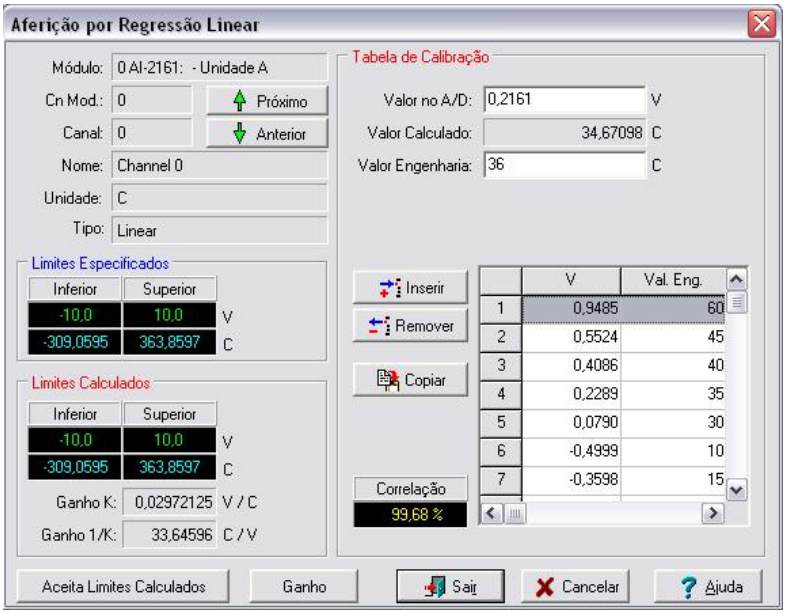


Figura 23 – Aferição por regressão linear.

5.1.3 Coleta de dados

A coleta de dados é realizada mediante a configuração dos parâmetros de aquisição, que são os atributos que controlam o modo de aquisição dos sinais. O sistema gera tanto arquivos simples, que são comandados manualmente por um operador, quanto arquivos múltiplos em sequência, que geram arquivos automaticamente controlando o início e fim de cada pacote.

Os parâmetros de modo de aquisição, frequência da amostragem, duração dos intervalos de cada pacotes são configurados na janela Parâmetros de Aquisição na aba Controle. A janela de configuração dos parâmetros de aquisição está representada na Figura 24. As demais abas configuram o nomes dos arquivos e os “triggers” de início e fim de cada pacote e que estão habilitados quando o modo de

aquisição estiver configurado para múltiplo sequencial, sendo que após a configuração dos parâmetros o software está habilitado para o início da coleta de dados.

Figura 24 – Parâmetros de aquisição.

5.2 Testes

Os testes com o sistema de análise da deformação em pavimentos asfálticos foi realizado com o objetivo de verificar os procedimentos de aquisição de sinais e o levantamento de dados iniciais para avaliação.

O teste consiste em sucessivas passadas com dois caminhões, com carga e velocidades controladas, nas classes mais representativas da frota passante no trecho da BR 101 próximo ao km 418, neste caso os veículo 2C e 3C. No primeiro teste foram coletados os dados com o caminhão classe 2C e uma carga qualquer conhecida, este foi realizado no dia 23 de outubro de 2009. No segundo teste foram coletados dados com o caminhão 3C do DNIT nos dias 26 e 27 de novembro de 2009.

Além de dados com experimento controlado, dados adicionais foram coletados com veículos do tráfego da rodovia BR 101 sobre a pista de testes, porém, as informações não serão utilizadas na avaliação do sistema, mas servirão para uma

verificação quanto a aquisição de múltiplos veículos em um mesmo pacote de dados.

5.2.1 Testes realizados no dia 23 de Outubro de 2009

No teste realizado no dia 23 de outubro de 2009 foram registradas nove passadas do caminhão 2C com carga plena e velocidade aproximada de 60 km/h. O peso total (PBT) e por eixo estão apresentados na Tabela 30 e seus valores foram obtidos com a pesagem na balança de trânsito lento do posto de pesagem PPV 06/16.

Tabela 30 - Carga por eixo e PBT do Veículo 2C utilizado para testes do sistema de deflexão instalado na pista experimental, realizados em 13/10/2009.

Pesagem	Massa em Kg			
	Eixo 1	Eixo 2	PBT	PBTmax
Balança de trânsito lento do PPV	4690	9760	14450	16800

O veículo trafegou com os rodados do lado direito sobre um eixo coincidente com o eixo de instalação dos sensores. A Figura 25 apresenta o veículo 2C utilizado para teste com carga plena passando com velocidade aproximada de 60 km/h sobre o eixo virtual que alinha o conjunto de sensores de deformação.

Figura 25 – Caminhão classe 2C sobre o eixo virtual de sensores.

5.2.2 Testes realizados nos dias 26 e 27 de novembro de 2009

Nos testes realizados nos dias 26 e 27 de novembro de 2009 foram registradas quinze passadas com o caminhão 3C carregado com carga plena e velocidade aproximada de 60 km/h. O peso total (PBT) e por eixo estão apresentados na Tabela 31 e seus valores foram obtidos com a pesagem na balança de trânsito lento do posto de pesagem PPV 16/06.

Tabela 31 - Carga por eixo e PBT do Veículo 3C utilizado para testes do sistema de deflexão instalado na pista experimental, realizados em 26 e 27/11/2009.

Pesagem	Massa em Kg				
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	PBT	PBTmax
Balança de trânsito lento do PPV	4380	8400	8260	21040	24200

A Figura 26 apresenta o veículo 3C utilizado nos dois dias de testes. O motorista foi orientado a trafegar sobre o eixo de instalação dos sensores.

Figura 26 - Caminhão classe 3C sobre o eixo virtual de sensores.

5.2.3 Dados Coletados

Em cada passada do caminhão foi gerado um arquivo de dados. Os arquivos são gerados em formato *.TEM e são compatíveis com o programa de análise de sinais AqDados e AqAnálise. Cada arquivo gerado pode armazenar as leituras de todos os canais habilitados no dispositivo de aquisição de sinais, neste estudo estão sendo utilizados os canais do zero ao sétimo. Os arquivos são tranformados em aquivos de texto e a Figura 27 apresenta o modelo dos arquivos gerados.

2C SM 1 - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda

"Tempo"	"Channel 0"	"Channel 1"	"Channel 2"	"Channel 3"	"Channel 4"	"Channel 5"	"Channel 6"	"Channel 7"
"s"	"C"	"mm"	"mm"	"mm"	"mm"	"mm"	"mm"	"mm"
0,000000E+000	6,525866E+002	-3,063216E+001	1,770862E+002	-5,915768E+001	-2,142283E+001	-3,693293E+001	-1,579824E+001	8,630772E-003
5,000000E-004	6,525884E+002	-3,062013E+001	1,770586E+002	-5,919335E+001	-2,144006E+001	-3,694971E+001	-1,580611E+001	8,630873E-003
1,000000E-003	6,525903E+002	-3,060889E+001	1,770359E+002	-5,923586E+001	-2,145641E+001	-3,696790E+001	-1,581480E+001	8,630857E-003
1,500000E-003	6,525922E+002	-3,059894E+001	1,770181E+002	-5,928218E+001	-2,147062E+001	-3,698663E+001	-1,582348E+001	8,630799E-003
2,000000E-003	6,525939E+002	-3,059059E+001	1,770034E+002	-5,932896E+001	-2,148153E+001	-3,700536E+001	-1,583132E+001	8,630767E-003
2,500000E-003	6,525955E+002	-3,058408E+001	1,769914E+002	-5,937289E+001	-2,148820E+001	-3,702354E+001	-1,583754E+001	8,630804E-003
3,000000E-003	6,525972E+002	-3,057957E+001	1,769799E+002	-5,941067E+001	-2,149003E+001	-3,704065E+001	-1,584154E+001	8,630951E-003
3,500000E-003	6,525986E+002	-3,057704E+001	1,769687E+002	-5,943939E+001	-2,148676E+001	-3,705645E+001	-1,584284E+001	8,631214E-003
4,000000E-003	6,526002E+002	-3,057639E+001	1,769563E+002	-5,945683E+001	-2,147847E+001	-3,707053E+001	-1,584126E+001	8,631598E-003
4,500000E-003	6,526016E+002	-3,057737E+001	1,769429E+002	-5,946144E+001	-2,146559E+001	-3,708287E+001	-1,583673E+001	8,632087E-003
5,000000E-003	6,526030E+002	-3,057969E+001	1,769283E+002	-5,945244E+001	-2,144894E+001	-3,709304E+001	-1,582950E+001	8,632661E-003
5,500000E-003	6,526044E+002	-3,058298E+001	1,769127E+002	-5,943021E+001	-2,142952E+001	-3,710106E+001	-1,582000E+001	8,633292E-003
6,000000E-003	6,526058E+002	-3,058685E+001	1,768958E+002	-5,939591E+001	-2,140854E+001	-3,710669E+001	-1,580881E+001	8,633950E-003
6,500000E-003	6,526072E+002	-3,059089E+001	1,768789E+002	-5,935141E+001	-2,138727E+001	-3,710983E+001	-1,579670E+001	8,634607E-003
7,000000E-003	6,526086E+002	-3,059478E+001	1,768624E+002	-5,929950E+001	-2,136699E+001	-3,711026E+001	-1,578444E+001	8,635249E-003
7,500000E-003	6,526101E+002	-3,059823E+001	1,768464E+002	-5,924332E+001	-2,134882E+001	-3,710798E+001	-1,577290E+001	8,635864E-003
8,000000E-003	6,526116E+002	-3,060096E+001	1,768312E+002	-5,918634E+001	-2,133372E+001	-3,710289E+001	-1,576277E+001	8,636453E-003
8,500000E-003	6,526132E+002	-3,060292E+001	1,768174E+002	-5,913198E+001	-2,132239E+001	-3,709510E+001	-1,575475E+001	8,637026E-003
9,000000E-003	6,526147E+002	-3,060402E+001	1,768041E+002	-5,908349E+001	-2,131519E+001	-3,708460E+001	-1,574932E+001	8,637605E-003
9,500000E-003	6,526163E+002	-3,060432E+001	1,767912E+002	-5,904366E+001	-2,131215E+001	-3,707172E+001	-1,574680E+001	8,638205E-003
1,000000E-002	6,526178E+002	-3,060384E+001	1,767778E+002	-5,901472E+001	-2,131302E+001	-3,705678E+001	-1,574723E+001	8,638857E-003
1,050000E-002	6,526194E+002	-3,060277E+001	1,767641E+002	-5,899785E+001	-2,131722E+001	-3,704000E+001	-1,575056E+001	8,639582E-003
1,100000E-002	6,526209E+002	-3,060120E+001	1,767480E+002	-5,899364E+001	-2,132397E+001	-3,702192E+001	-1,575642E+001	8,640403E-003
1,150000E-002	6,526224E+002	-3,059927E+001	1,767302E+002	-5,900156E+001	-2,133237E+001	-3,700330E+001	-1,576436E+001	8,641329E-003
1,200000E-002	6,526239E+002	-3,059704E+001	1,767102E+002	-5,902030E+001	-2,134139E+001	-3,698457E+001	-1,577375E+001	8,642349E-003
1,250000E-002	6,526254E+002	-3,059451E+001	1,766875E+002	-5,904782E+001	-2,135004E+001	-3,696628E+001	-1,578392E+001	8,643454E-003
1,300000E-002	6,526268E+002	-3,059166E+001	1,766626E+002	-5,908144E+001	-2,135743E+001	-3,694928E+001	-1,579418E+001	8,644622E-003
1,350000E-002	6,526282E+002	-3,058839E+001	1,766364E+002	-5,911814E+001	-2,136285E+001	-3,693402E+001	-1,580387E+001	8,645800E-003
1,400000E-002	6,526296E+002	-3,058453E+001	1,766101E+002	-5,915472E+001	-2,136583E+001	-3,692081E+001	-1,581244E+001	8,646951E-003
1,450000E-002	6,526310E+002	-3,057995E+001	1,765852E+002	-5,918811E+001	-2,136606E+001	-3,691020E+001	-1,581941E+001	8,648019E-003
1,500000E-002	6,526325E+002	-3,057446E+001	1,765634E+002	-5,921552E+001	-2,136359E+001	-3,690241E+001	-1,582454E+001	8,648951E-003
1,550000E-002	6,526340E+002	-3,056792E+001	1,765456E+002	-5,923466E+001	-2,135869E+001	-3,689743E+001	-1,582774E+001	8,649682E-003
1,600000E-002	6,526355E+002	-3,056022E+001	1,765331E+002	-5,924401E+001	-2,135185E+001	-3,689515E+001	-1,582902E+001	8,650171E-003
1,650000E-002	6,526371E+002	-3,055145E+001	1,765278E+002	-5,924281E+001	-2,134369E+001	-3,689559E+001	-1,582867E+001	8,650376E-003
1,700000E-002	6,526387E+002	-3,054177E+001	1,765296E+002	-5,923107E+001	-2,133493E+001	-3,689829E+001	-1,582698E+001	8,650276E-003
1,750000E-002	6,526404E+002	-3,053137E+001	1,765380E+002	-5,920971E+001	-2,132638E+001	-3,690306E+001	-1,582441E+001	8,649861E-003
1,800000E-002	6,526423E+002	-3,052073E+001	1,765531E+002	-5,918030E+001	-2,131872E+001	-3,690934E+001	-1,582141E+001	8,649124E-003
1,850000E-002	6,526441E+002	-3,051036E+001	1,765727E+002	-5,914520E+001	-2,131258E+001	-3,691681E+001	-1,581843E+001	8,648093E-003
1,900000E-002	6,526461E+002	-3,050088E+001	1,765954E+002	-5,910697E+001	-2,130842E+001	-3,692503E+001	-1,581593E+001	8,646804E-003
1,950000E-002	6,526479E+002	-3,049295E+001	1,766185E+002	-5,906851E+001	-2,130650E+001	-3,693369E+001	-1,581415E+001	8,645294E-003
2,000000E-002	6,526499E+002	-3,048730E+001	1,766386E+002	-5,903278E+001	-2,130688E+001	-3,694268E+001	-1,581335E+001	8,643617E-003
2,050000E-002	6,526518E+002	-3,048451E+001	1,766537E+002	-5,900241E+001	-2,130941E+001	-3,695177E+001	-1,581352E+001	8,641829E-003
2,100000E-002	6,526537E+002	-3,048513E+001	1,766613E+002	-5,897973E+001	-2,131376E+001	-3,696087E+001	-1,581463E+001	8,639993E-003
2,150000E-002	6,526555E+002	-3,048950E+001	1,766582E+002	-5,896634E+001	-2,131948E+001	-3,697018E+001	-1,581643E+001	8,638168E-003
2,200000E-002	6,526573E+002	-3,049776E+001	1,766439E+002	-5,896344E+001	-2,132598E+001	-3,697959E+001	-1,581865E+001	8,636400E-003
2,250000E-002	6,526589E+002	-3,050982E+001	1,766172E+002	-5,897119E+001	-2,133273E+001	-3,698934E+001	-1,582089E+001	8,634739E-003
2,300000E-002	6,526604E+002	-3,052539E+001	1,765789E+002	-5,898925E+001	-2,133913E+001	-3,699962E+001	-1,582278E+001	8,633219E-003
2,350000E-002	6,526617E+002	-3,054388E+001	1,765309E+002	-5,901643E+001	-2,134472E+001	-3,701056E+001	-1,582395E+001	8,631872E-003
2,400000E-002	6,526631E+002	-3,056444E+001	1,764748E+002	-5,905107E+001	-2,134915E+001	-3,702214E+001	-1,582413E+001	8,630720E-003
2,450000E-002	6,526642E+002	-3,058616E+001	1,764143E+002	-5,909096E+001	-2,135228E+001	-3,703448E+001	-1,582311E+001	8,629768E-003
2,500000E-002	6,526652E+002	-3,060797E+001	1,763542E+002	-5,913381E+001	-2,135407E+001	-3,704736E+001	-1,582087E+001	8,629016E-003
2,550000E-002	6,526663E+002	-3,062872E+001	1,762982E+002	-5,917700E+001	-2,135470E+001	-3,706078E+001	-1,581752E+001	8,628469E-003

CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma vez instalados os três sistemas de pesagem em movimento e definidas as premissas iniciais para que pudessem iniciar os testes, foi elaborado pela equipe técnica uma metodologia básica para avaliação dos sistemas de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores e um cronograma tentativo de realização dos citados testes.

Em função do ineditismo da pesquisa objeto do convênio TT102/2007 e da complexidade inerente dos sistemas de pesagem em movimento instalado, era esperado adversidades durante a realização dos testes, sendo que nem sempre os resultados esperados ocorreram, indicando a necessidade de ajustes e mudanças de procedimentos e às vezes até revisão da metodologia adotada.

Os testes realizados tiveram sempre por objetivo principal, a verificação da operacionalidade dos diversos sistemas e a homogeneidade dos valores obtidos por tipo de sensores.

Num primeiro momento o sistema que demonstrou melhor performance operacional foi o piezelétrico quartzo, inicialmente instalado com oito linhas de sensores, e posteriormente com as 16 linhas de sensores instaladas, conforme projeto.

Os sistemas piezo cerâmico e piezo polímero, apresentaram funcionamento bastante aleatório, com falhas sucessivas na aquisição de dados durante a maioria dos testes, situação esta corrigida com a visita de técnicos da empresa fabricante dos sistemas, durante testes realizados de 25 a 27 de novembro de 2009.

A integração dos dados dos sistemas instalados tornou-se operacional a partir da definição do protocolo de comunicação das Unidades HESTIA por parte dos técnicos da fabricante, durante os testes realizados de 25 a 27 de novembro de 2009.

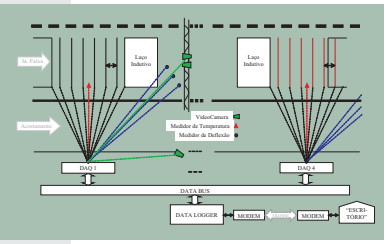
As câmeras de vídeo auditoria estão funcionando, necessitando, para tornar operacional a coleta dos dados, ajustes no sistema, a serem feitos pela empresa fornecedora do equipamento.

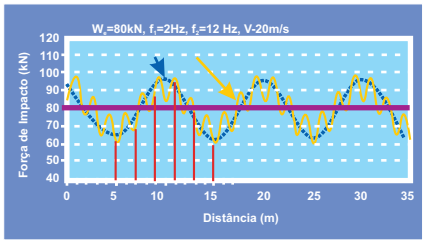
Considerando o caráter experimental do projeto, é essencial a realização de novos testes para uma avaliação mais criteriosa dos sistemas de pesagem em movimento com a utilização de múltiplos sensores instalados na pista experimental, de forma a avaliar o comportamento dos mesmos relacionados a homogeneidade, repetibilidade

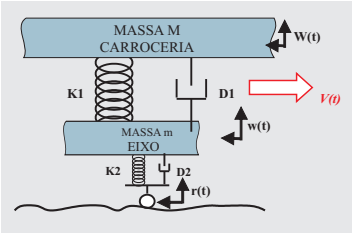
e nível de acurácia, além da avaliação global de todas as informações consolidadas e armazenadas na CPU de controle.

Em continuidade, deverão ser realizadas intervenções nos sistemas visando suas calibrações para a operação dentro da filosofia de múltiplo sensores, utilizando-se nos novos testes um veículo 3C com instrumentação embarcada.

Já o sistema de análise de deflexão dos pavimentos instalado, com tecnologia conhecida e dominada, não apresentou maiores problemas no tocante a coleta de dados. Há de se ressaltar que o sistema instalado atua na medição da deflexão no pavimento em si, não coletando dados relativos a base, sub-base, leito, sub-leito, o que está previsto para um próximo etapa da pesquisa.







DNIT UFSC NEP