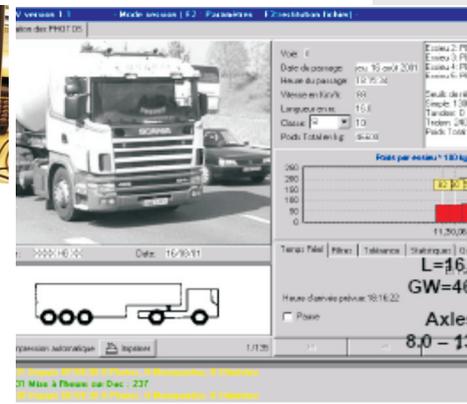


Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento



Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento

Convênio TT 102/2007

Instalação dos Equipamentos

Agosto de 2009

DNIT

Departamento Nacional de
Infra-Estrutura de Transportes



Laboratório de Transportes e Logística



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

NEP

Núcleo de Estudos de Pesagem

Convênio TT 102/2007 DNIT / UFSC
IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

FICHA TÉCNICA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT

Luiz Antonio Pagot
Diretor Geral DNIT

Hideraldo Luiz Caron
Diretor de Infra-Estrutura 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).

Este relatório apresenta, de forma detalhada, os métodos e os procedimentos adotados para execução da instalação dos sistemas de pesagem em movimento e demais sistemas e equipamentos complementares instalados na sítio da pesquisa localizado no km 418 da BR101SUL. O relatório também apresenta o registro fotográfico das atividades desenvolvidas em campo e descrições das ferramentas utilizadas no trabalho.

Num primeiro momento, apresenta-se uma contextualização e forma prover uma visão geral dos procedimentos adotados na descrição das atividades de instalação de campo. Apresenta-se num segundo momento, o detalhamento da instalação de campo dos três sistemas de pesagem em movimento, com destaque na instalação dos sensores. Na continuidade do relatório detalha-se os procedimentos relacionados à instalação dos sistemas e equipamentos complementares, incluído os sistema de medição de deformação no pavimento, laços indutivos, câmeras de vídeo registro, entre outros. Por fim, apresenta-se anexo, os manuais dos fabricantes de instalação dos sensores de pesagem em movimento, assim como os dados de calibração de laboratório de cada sensor instalado.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Layout de instalação dos equipamentos do sistema de pesagem em movimento e equipamentos auxiliares.....	15
Figura 2 – Local de instalação dos sensores de pesagem em movimento.....	16
Figura 3 – Layout de instalação dos sensores Lineas Kistler (quartzo).....	20
Figura 4 – Aberturas padrão para instalação do sensor Kistler.....	21
Figura 5 – Esquema de instalação de sensores (L1 – linha 1; L2 – linha 2).....	21
Figura 6 – Posicionamento do sensor na abertura com resina (“grout”).....	22
Figura 7 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores líneas quartzo. ...	23
Figura 8 – Planta do mapeamento das deformações permanentes.....	24
Figura 9 – Verificação das deformações permanentes (na trilha de roda).....	24
Figura 10 – Marcação com tinta branca para piso.....	25
Figura 11 – Alinhamento dos sensores e espaçamento das aberturas.....	25
Figura 12 – marcação dos espaçamentos entre as linhas de sensores.....	26
Figura 13 – Checagem da profundidade de corte.....	27
Figura 14 – Verificação das dimensões da abertura com gabarito Kistler de instalação.....	28
Figura 15 – Aberturas após corte e remoção do material betuminoso.....	29
Figura 16 – Limpeza dos resíduos de material e secagem.....	29
Figura 17 – Preparação dos conjuntos de sensores.....	30
Figura 18 – Fixação dos sensores pelas extremidades.....	31
Figura 19 – Placa da extremidade do sensor, fixa os cabos de conexão e o fio terra.....	31
Figura 20 – Sensor, espaçador, grampo e dispositivo de teste de sinal.....	32
Figura 21 – Dispositivo de teste de sensores (mede resistência elétrica, Ω).....	33
Figura 22 – Ajuste quanto ao posicionamento do sensor dentro da abertura.....	33
Figura 23 – Verificação da altura do sensor em relação à capa asfáltica.....	34
Figura 24 – Embalagem dos materiais componentes do “grout” e mistura com batedeira.....	35
Figura 25 – Espalhamento de resina nas aberturas.....	36
Figura 26 – Preenchimento primário da abertura com resina para acomodação de sensor.....	36
Figura 27 – Acomodação do sensor dentro da abertura com primeira cada de resina.....	37
Figura 28 – Acomodação dos cabos de conexão (sensor quartzo).....	38
Figura 29 – Acabamento da superfície de contato entre a carga e o sensor.....	39
Figura 30 – Sensores de pesagem em movimento com sensores piezelétrico quartzo.....	40

Figura 31 – Amplificador de carga Kistler e cabos de sensores.	40
Figura 32 – Layout de instalação dos sensores HESTIA ECM (cerâmico).	41
Figura 33 – Aberturas padrão para instalação do sensor HESTIA ECM.	42
Figura 34 – Esquema de instalação de sensores.	42
Figura 35 – Posicionamento do sensor na abertura com resina.	43
Figura 36 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores.	43
Figura 37 – Marcação dos sensores Hestia ECM.	44
Figura 38 – Início do processo de corte.	45
Figura 39 – O corte de cada abertura é realizado em três etapas.	46
Figura 40 – Remoção do material das aberturas de cada sensor.	46
Figura 41 – Limpeza e remoção de material de quatro aberturas do sensores Hestia ECM.	47
Figura 42 – Limpeza das aberturas para passagem dos cabos dos sensores.	48
Figura 43 – Detalhe da seção da barra do sensor ECM (cerâmico).	48
Figura 44 – Sensores ECM piezoelétrico de base cerâmico.	49
Figura 45 – Posicionamento do sensor no interior da abertura.	50
Figura 46 – Resina preparada para aplicação no envolvimento do sensor.	50
Figura 47 – Etapas da mistura da resina epóxi (grout).	51
Figura 48 – Primeira camada de resina.	52
Figura 49 – Fixação do sensor sobre a primeira camada de resina.	52
Figura 50 – Encobrimento do sensor por segunda camada de resina.	53
Figura 51 – Despejo e espalhamento da resina sobre abertura com sensor.	53
Figura 52 – Sensores de pesagem em movimento ECM (cerâmico).	54
Figura 53 – Conexões da estação Hestia.	55
Figura 54 – Layout de instalação dos sensores BL.	56
Figura 55 – Aberturas padrão para instalação do sensor BL (polímero).	56
Figura 56 – Esquema de instalação de sensores.	57
Figura 57 – Posicionamento do sensor na abertura com resina.	57
Figura 58 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores.	58
Figura 59 – Serra Circular de espessura 20 mm e ponta diamantada.	59
Figura 60 – Corte das aberturas com serra (20 x 25 mm).	59
Figura 61 – Abertura padrão do sensor B. Linguini.	60
Figura 62 – Canaletas de passagem de cabos.	61
Figura 63 – Limpeza das aberturas com álcool.	61
Figura 64 – Embalagem com o sensor BL - Polímero.	62
Figura 65 – Fixação dos espaçadores na linha de sensor.	63
Figura 66 – Detalhes de preparação dos sensores BL.	63
Figura 67 – Posicionamento no interior da abertura com espaçadores.	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS



LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BL - Brass Linguini

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

MS-WIM - Sistemas de pesagem em movimento com múltiplos sensores

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

WIM - Weigh in Motion (Pesagem em movimento)

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Layout de instalação dos equipamentos do sistema de pesagem em movimento e equipamentos auxiliares.....	15
Figura 2 – Local de instalação dos sensores de pesagem em movimento.....	16
Figura 3 – Layout de instalação dos sensores Lineas Kistler (quartzo).....	20
Figura 4 – Aberturas padrão para instalação do sensor Kistler.....	21
Figura 5 – Esquema de instalação de sensores (L1 – linha 1; L2 – linha 2).....	21
Figura 6 – Posicionamento do sensor na abertura com resina (“grout”).....	22
Figura 7 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores líneas quartzo. ...	23
Figura 8 – Planta do mapeamento das deformações permanentes.....	24
Figura 9 – Verificação das deformações permanentes (na trilha de roda).....	24
Figura 10 – Marcação com tinta branca para piso.....	25
Figura 11 – Alinhamento dos sensores e espaçamento das aberturas.....	25
Figura 12 – marcação dos espaçamentos entre as linhas de sensores.....	26
Figura 13 – Checagem da profundidade de corte.....	27
Figura 14 – Verificação das dimensões da abertura com gabarito Kistler de instalação.....	28
Figura 15 – Aberturas após corte e remoção do material betuminoso.....	29
Figura 16 – Limpeza dos resíduos de material e secagem.....	29
Figura 17 – Preparação dos conjuntos de sensores.....	30
Figura 18 – Fixação dos sensores pelas extremidades.....	31
Figura 19 – Placa da extremidade do sensor, fixa os cabos de conexão e o fio terra.....	31
Figura 20 – Sensor, espaçador, grampo e dispositivo de teste de sinal.....	32
Figura 21 – Dispositivo de teste de sensores (mede resistência elétrica, Ω).....	33
Figura 22 – Ajuste quanto ao posicionamento do sensor dentro da abertura.....	33
Figura 23 – Verificação da altura do sensor em relação à capa asfáltica.....	34
Figura 24 – Embalagem dos materiais componentes do “grout” e mistura com batedeira.....	35
Figura 25 – Espalhamento de resina nas aberturas.....	36
Figura 26 – Preenchimento primário da abertura com resina para acomodação de sensor.....	36
Figura 27 – Acomodação do sensor dentro da abertura com primeira cada de resina.....	37
Figura 28 – Acomodação dos cabos de conexão (sensor quartzo).....	38
Figura 29 – Acabamento da superfície de contato entre a carga e o sensor.....	39
Figura 30 – Sensores de pesagem em movimento com sensores piezelétrico quartzo.....	40

Figura 31 – Amplificador de carga Kistler e cabos de sensores.	40
Figura 32 – Layout de instalação dos sensores HESTIA ECM (cerâmico).	41
Figura 33 – Aberturas padrão para instalação do sensor HESTIA ECM.	42
Figura 34 – Esquema de instalação de sensores.	42
Figura 35 – Posicionamento do sensor na abertura com resina.	43
Figura 36 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores.	43
Figura 37 – Marcação dos sensores Hestia ECM.	44
Figura 38 – Início do processo de corte.	45
Figura 39 – O corte de cada abertura é realizado em três etapas.	46
Figura 40 – Remoção do material das aberturas de cada sensor.	46
Figura 41 – Limpeza e remoção de material de quatro aberturas do sensores Hestia ECM.	47
Figura 42 – Limpeza das aberturas para passagem dos cabos dos sensores.	48
Figura 43 – Detalhe da seção da barra do sensor ECM (cerâmico).	48
Figura 44 – Sensores ECM piezoelétrico de base cerâmico.	49
Figura 45 – Posicionamento do sensor no interior da abertura.	50
Figura 46 – Resina preparada para aplicação no envolvimento do sensor.	50
Figura 47 – Etapas da mistura da resina epóxi (grout).	51
Figura 48 – Primeira camada de resina.	52
Figura 49 – Fixação do sensor sobre a primeira camada de resina.	52
Figura 50 – Encobrimento do sensor por segunda camada de resina.	53
Figura 51 – Despejo e espalhamento da resina sobre abertura com sensor.	53
Figura 52 – Sensores de pesagem em movimento ECM (cerâmico).	54
Figura 53 – Conexões da estação Hestia.	55
Figura 54 – Layout de instalação dos sensores BL.	56
Figura 55 – Aberturas padrão para instalação do sensor BL (polímero).	56
Figura 56 – Esquema de instalação de sensores.	57
Figura 57 – Posicionamento do sensor na abertura com resina.	57
Figura 58 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores.	58
Figura 59 – Serra Circular de espessura 20 mm e ponta diamantada.	59
Figura 60 – Corte das aberturas com serra (20 x 25 mm).	59
Figura 61 – Abertura padrão do sensor B. Linguini.	60
Figura 62 – Canaletas de passagem de cabos.	61
Figura 63 – Limpeza das aberturas com álcool.	61
Figura 64 – Embalagem com o sensor BL - Polímero.	62
Figura 65 – Fixação dos espaçadores na linha de sensor.	63
Figura 66 – Detalhes de preparação dos sensores BL.	63
Figura 67 – Posicionamento no interior da abertura com espaçadores.	64

Figura 68 – Posicionamento do sensor e colocação de fita crepe.	64
Figura 69 – Componentes da resina para encapsular sensor.....	65
Figura 70 – Espalhamento da superfície da resina do interior da abertura.....	66
Figura 71 – Sensores de pesagem em movimento BL polímero.	67
Figura 72 – Instalação das conexões na Estação Hestia	67
Figura 73 – Layout de instalação dos sensores de deformação, temperatura e gabinete.	70
Figura 74 – Disposição de corte e alinhamento dos sensores.....	71
Figura 75 – Corte das aberturas dos sensores com serra de espessura 20 mm.....	72
Figura 76 – Montagem dos Sensores de Deformação (Strains Gauge, perfil H).	72
Figura 77 – Final de corte das aberturas dos sensores.	73
Figura 78 – Verificação das dimensões das aberturas.	74
Figura 79 – Fixação com resinas do sistema de análise de deformação e temperatura.....	75
Figura 80 – Layout final dos sensores e abrigo outdoor.	76
Figura 81 – Computador Rack 19” e Data Aquisition.....	76
Figura 82 – Layout de instalação dos sensores de presença (Laço Indutivo).....	77
Figura 83 – Marcação e pinturas das aberturas do sensor Laço.	77
Figura 84 – Corte das aberturas com serra circular.....	78
Figura 85 – Esquema de instalação dos Laços.	79
Figura 86 – Posicionamento do cabo sensor de laço indutivo.	79
Figura 87 – Aquecimento do ligante asfáltico.	80
Figura 88 – Aplicação de ligante asfáltico.....	80
Figura 89 – Acabamento final do sensor de presença (Laço 1).....	81
Figura 90 – Laço instalado entre os sensores Hestia e BL (Laço 6).....	81
Figura 91 – Local de instalação e área de controle.	82
Figura 92 – Câmeras de registro de placas dianteira e traseira.....	82
Figura 93 – Sistemas de segurança.	84
Figura 94 – Os postes do sistema de vigilância.....	84
Figura 95 – Postes de câmera de segurança (câmera 01 direita, câmera 02 esquerda).....	85
Figura 96 – Equipamento de monitoramento e segurança (canto superior direito)...	85
Figura 97 – Imagens de dia das câmeras de segurança (direita câmera 1; a esquerda câmera 2).....	86
Figura 98 – Imagens noturnas das câmeras de segurança.	86
Figura 99 – Iluminação noturna.	87
Figura 100 – Grade interna e porta metálica.....	87

SUMÁRIO

Capítulo 1 – Introdução	13
1 Introdução	14
Capítulo 2 - Sistemas de Pesagem em Movimento.....	19
2 Sistemas de Pesagem em Movimento	20
2.1 Sensores Lineas Kistler – quartzo	20
2.1.1 Metodologia de instalação.....	23
2.2 Sensores Hestia ECM – cerâmico.....	41
2.2.1 A Metodologia de instalação	43
2.3 Sensores Brass Linguini – polímero	55
2.3.1 A Metodologia de instalação	58
Capítulo 3 – Equipamentos e Sistemas Complementares	68
3 Equipamentos e Sistemas Complementares	69
3.1 Sistema de análise de deformação do pavimento.....	69
3.2 Instalação dos laços indutivos.....	77
3.3 Sistema de câmeras para registro de placas	82
3.4 Sistema de segurança.....	83
Anexos	88
Anexo A – Plantas “as built” das Instalações	89
Anexo B – Dados de calibração dos sensores piezoelétrico quartzo - Kistler	95
Anexo C – Dados de calibração dos sensores piezoelétrico polímero - BL Traffic Sensor.	101
Anexo D – Manual de Instalação dos Sensores piezoelétrico polímero - BL Roadtrax Traffic	110
Anexo E – Manual de instalação dos sensores piezoelétrico quartzo Kistler	118
Anexo F – Manual de instalação dos sensores piezoelétrico cerâmico Hestia ECM.....	151

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A instalação dos sistemas e equipamentos de pesagem em movimento, como também os sistemas e equipamentos complementares e foi realizada no período de maio a julho de 2009. A instalação é um processo de múltiplas atividades que são executadas ora em conjunto ora em separado, destaca-se a atividade de instalação dos sensores de pesagem em movimento e dos laços indutivos e a montagem das eletrônicas de tratamento dos dados. As demais obedecem às lógicas de cada fabricante e dependem do tipo do equipamento/sistema.

O processo de instalação dos sistemas e equipamentos, relatados neste documento, corresponde a:

- ⊙ Sensores para pesagem em movimento com três diferentes tecnologias piezoelétrico quartzo, cerâmico e polímero;
- ⊙ Eletrônica para aquisição e tratamento dos dados fornecidos pelos sensores piezoelétricos;
- ⊙ Sensores para análise das deformações e temperatura em pavimentos asfálticos;
- ⊙ Gabinetes e eletrônica para aquisição de dados dos sensores de deformação e de temperatura;
- ⊙ Sistemas de câmeras para captura de imagem das placas dos veículos e monitoramento;
- ⊙ Sensores de presença (laço indutivo);
- ⊙ Sistema de segurança.

Os sistemas de pesagem em movimento são de três origens distintas. Dois são produzidos no mercado Europeu (Suíça e França) e o outro é fabricado nos Estados Unidos, a saber:

- ⊙ Sensores piezoelétrico de base cerâmica – Hestia EMC, França;
- ⊙ Sensores piezoelétrico de base polímero – Roadtrax Brass Linguini, EUA;
- ⊙ Sensores piezoelétrico de base quartzo – Lineas Kistler, Suíça.

Os sensores de deformação são originais da Ásia (Japão). Os demais equipamentos têm origem nacional. É necessário ressaltar que alguns componentes não são necessariamente de fabricação nacional, mas foram adquiridos no território nacional.

A Figura 1 apresenta o layout de instalação dos equipamentos referentes aos sistemas de pesagem em movimento. Destes, destaca-se os três conjuntos de sensores com o princípio de funcionamento específico para pesagem de veículos em movimento. Compõem os tipos de sensores: o Lineas Quartz Kistler (quartzo), o piezelétrico cerâmico ECM Hestia e os sensores piezelétrico polímero Roadtrax BL.

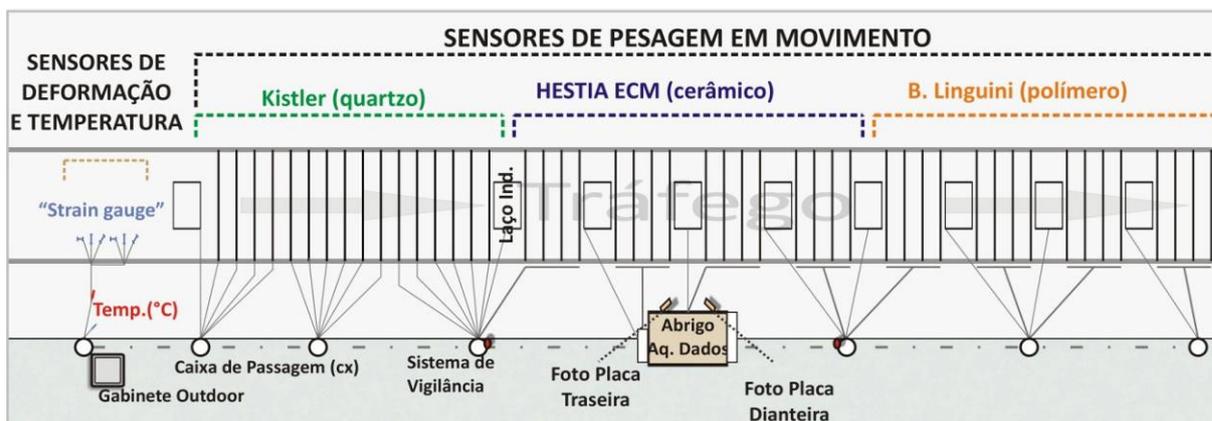


Figura 1 – Layout de instalação dos equipamentos do sistema de pesagem em movimento e equipamentos auxiliares.

Em função da especificidade dos sistemas/equipamentos, as empresas fornecedoras ofereceram “expertises” (especialistas) em instalação para conduzir os trabalhos, isto se estende as suas respectivas parceiras no Brasil. Cabe aos técnicos do projeto, acompanhar e registrar todo processo de instalação, o qual será detalhado neste relatório.

A sequência lógica de instalação está bem definida nos manuais desenvolvidos por cada fabricante. De modo geral, os processos de instalações dos sensores são similares. Destaca-se, dentro destas atividades, a fase de preparação dos sensores.

Cada conjunto segue o padrão de montagem pré estabelecido e, conseqüentemente, os respectivos ajustes quanto a posição espacial horizontal e posição vertical, sendo, via de regra, a profundidade o critério de controle mais rigoroso entre as atividades.

Os sistemas de pesagem em movimento disponível no mercado, em sua maioria, seguem os mesmo padrões de instalação, seja em pavimento flexível, seja em pavimento rígido. É necessária a execução de cortes superficiais ao pavimento nas dimensões compatíveis ao tipo de sensor. Por fim aplica-se a resina do tipo epóxi com rigidez compatível ao funcionamento do sensor.

O espaçamento adotado entre sensores foi baseado nos resultados obtidos no estudo de frequências de oscilação da suspensão do veículo tipo do estudo (o Caminhão 3C)¹. O estudo identificou o intervalo de valores para o espaçamento entre sensores, que está entre em 0,8 m e 1,2 m, compatível com a velocidade dos veículos e frequência de oscilação.

A partir dos resultados obtidos no estudo, foi adotado o espaçamento entre sensores de 1,0 metros. Em função do sistema de aquisição de dados da estação Hestia, para cada quatro linhas de sensores (cerâmico e polímero) foi instalado um laço indutivo (“Loop Detector”) que ocupou um espaço de 2 metros.

Foram instaladas 16 linhas de sensores de cada tecnologia anteriormente especificada. Em função do tipo de sensor e seu fabricante, uma linha pode conter um ou mais sensores. Cada linha irá fornecer dados de carga característicos de cada eixo do veículo, em um determinado instante. A Figura 2 mostra a imagem da pista experimental, já com as linhas de sensores instaladas.



Figura 2– Local de instalação dos sensores de pesagem em movimento.

¹ Relatório complementar convênio TT 102/2007 - Caracterização da Frota: BR101 SC-Sul Km 418/419, dez/2008. O relatório aponta que o tipo de veículo 3C representa os 70% totais de veículos que trafegam na BR-101.

As instalações dos sensores obedecem, generalizando os procedimentos, uma mesma lógica comum. Um estudo da documentação dos sensores de pesagem em movimento permite elaborar uma lista de tarefas em comum. A seguir é apresentada a lista das tarefas em comum conforme os dados fornecidos pelos fabricantes, sendo que a seqüência especificada segue uma lógica adotada em função dos materiais:

- 1) Isolamento - assegurar, primeiramente, que a rodovia esteja fechada e sinalizada com segurança;
- 2) Marcação e pintura – a marcação é a locação espacial de pontos notáveis realizados com o auxílio de trena e régua metálica. Como referência inicial, tomou-se a metade da face frontal do abrigo de aquisição de dados. Pintura é a ligação dos pontos notáveis por linhas pintadas ao piso;
- 3) Corte – é realizado por um equipamento portátil dotado de um motor, uma correia e uma serra circular diamantada, própria para cortes em estruturas maciças. A variedade de sensores exige o uso de serras circulares de duas espessuras, as dimensões são especificadas por cada fornecedor;
- 4) Preparação dos sensores – cada sensor vem em embalagens individuais e são preparados momentos antes da instalação, são fornecidos os elementos auxiliares como espaçadores, gabaritos, cabos, entre outros;
- 5) Acoplamento dos sensores – após preparação dos sensores estes são posicionados no interior das canaletas. Cada sensor recebe um ajuste na profundidade de acoplamento;
- 6) Preparação e aplicação do “grout” – o “grout” é uma resina (tipo epóxi) que fixa os sensores dentro das aberturas cortadas. Os componentes da resina são misturados momentos antes da aplicação com o sensor. A aplicação é rápida e exige a participação mínima de três pessoas, pois algumas resinas são de cura rápida;
- 7) Cabos e caixas de passagem – os cabos ou são acoplados em eletrodutos, ou são imersos em resina pura. Os eletrodutos são direcionados por valetas cortadas no pavimento até as caixas de passagem, ou somente o cabo em aberturas. As caixas de passagem conectam-se ao abrigo de aquisição de dados, para onde todos os cabos são encaminhados;

- 8) Selagem – etapa final de instalação quando os sensores acoplados recebem a massa epóxi.

A seqüência de instalação dos sensores para a análise de deformação em pavimentos obedece às etapas observadas nos estudos realizados pelo LCPC em sua pista experimental circular com o uso de sensores do tipo Strain gauge, modelos para imersão em concreto. O sensor é produzido no Japão pela empresa Kiwoa e funciona pelo princípio elétrico do tipo ponte de Wheatstone.

Os laços indutivos de presença (loop detector) são instalados juntamente com os sensores de pesagem em movimento.

A partir da instalação dos sensores e dos sistemas/equipamentos complementares, ocorre a instalação dos sistemas de controle e aquisição de dados, feitos igualmente por técnicos especializados dos próprios fabricantes e/ou seus representantes no Brasil.



CAPÍTULO 2 - SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

2 SISTEMAS DE PESAGEM EM MOVIMENTO

Este capítulo trata das etapas de instalação dos sistemas de pesagem em movimento, incluindo a instalação de 48 linhas de sensores de pesagem em movimento e as eletrônicas de tratamento dos sinais. Os sensores piezelétricos instalados são:

- ⊙ 32 sensores (16 linhas) Lineas Kistler (quartzo) – empresa Kistler;
- ⊙ 16 sensores Hestia ECM (cerâmico) – ECM;
- ⊙ 16 sensores Roadtrax Brass Linguini (polímero) – Measurement Specialties;

2.1 Sensores Lineas Kistler – Quartzo

Os sensores para pesagem de veículos a alta velocidade, de fabricação da Kistler, são compostos por um material piezelétrico a base de quartzo. A nomenclatura oficial para este tipo de sensor é, conforme o fabricante, *Líneas Quartzo Kistler*.

A Figura 3 apresenta o layout de instalação dos sensores Kistler. Os sensores são alinhados de maneira perpendicular a pista e seu espaçamento é constante de um metro entre cada sensor. Estes são alinhados conforme primeiro sensor Hestia ECM (cerâmico), logo os demais sensores são espaçados conforme o primeiro, sempre a mesma distância entre eles.

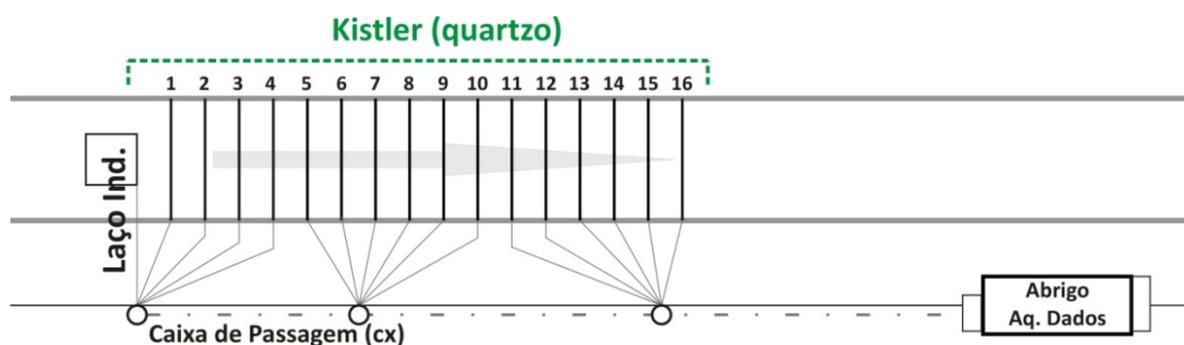


Figura 3 – Layout de instalação dos sensores Lineas Kistler (quartzo).

Características geométricas das aberturas típicas dos sensores líneas Kistler estão apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6. A Figura 4 apresenta a seção longitudinal e

transversal da abertura, neste estão indicadas as dimensões em milímetros das profundidades de corte e largura das aberturas.

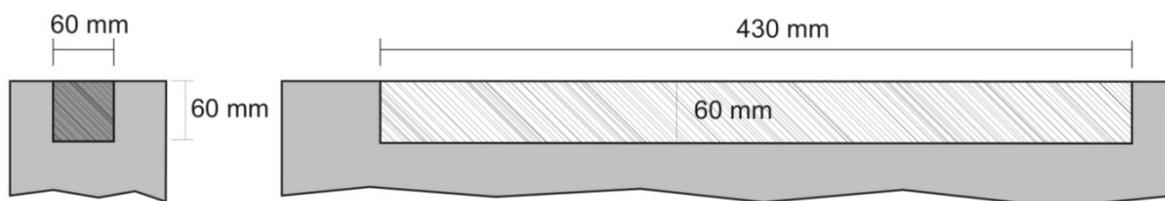


Figura 4 – Aberturas padrão para instalação do sensor Kistler.

A Figura 5 apresenta um esquema do posicionamento dos sensores no interior das aberturas. No caso específico dos sensores quartzo, cada linha (L1, L2, L3, ..., L16) é composta por dois sensores (direita e esquerda presos entre si), posicionados em cada metade da pista de rolamento. Os cabos de ambos os sensores de cada linha passam em um único duto. O comprimento de cada sensor é de 1,75 m, sua base é de 50 mm e sua altura de 45 mm.

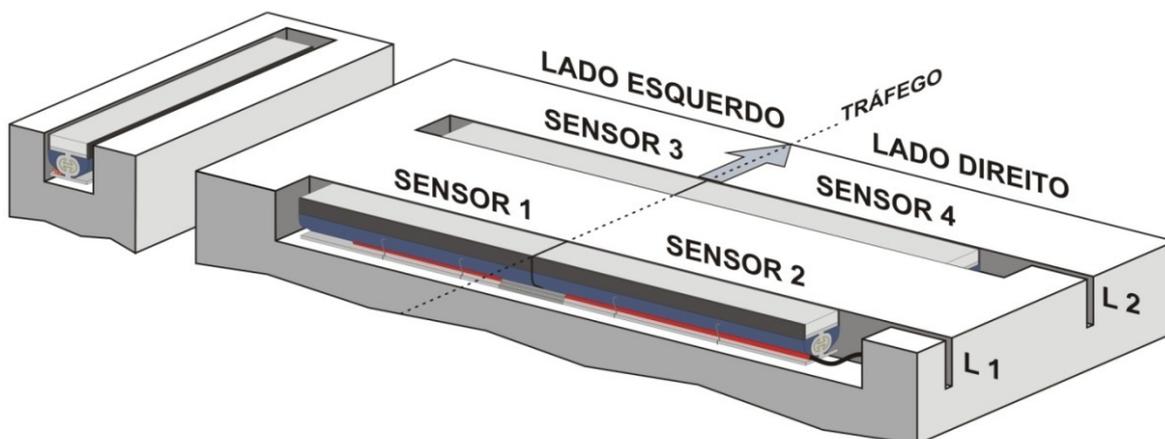


Figura 5 – Esquema de instalação de sensores (L1 – linha 1; L2 – linha 2).

A Figura 6 apresenta a seção transversal da abertura com a posição do sensor dentro da resina após instalação completa. Sobre o sensor existe uma camada de resina de espessura 10 mm, que deve ser desbastada até alinhar com a superfície do pavimento.

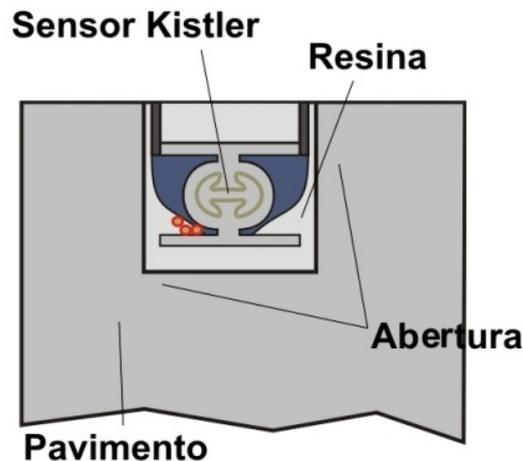


Figura 6 – Posicionamento do sensor na abertura com resina (“grout”).

No caso específico dos sensores Kistler, é importante ressaltar o controle da profundidade de instalação do sensor e de acordo com seu princípio de funcionamento, este transforma o contato direto entre a superfície do pneu com a superfície superior do sensor em um sinal eletrônico. Sendo assim é importante verificar as condições superficiais do pavimento no local de instalação com um perfil transversal (régua metálica).

Deformações excessivas podem dificultar o processo de instalação, pois a estrutura do sensor é composta por um metal rígido, e o domínio das deformações está na escala dos micrometros (μm).

Os sensores são conectados pelo sistema de coleta de informação no interior do abrigo de aquisição de dados. A Figura 7 mostra os equipamentos instalados na bancada e na parede do abrigo. Na bancada está instalado o microcomputador de coleta, tratamento e armazenamento dos dados. Na parede estão o amplificador de carga e o sistema de aquisição de sinais.



Figura 7 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores linhas quartzo.

2.1.1 Metodologia de Instalação

A primeira providência adotada no processo de instalação dos sensores é inspecionar a conformidade superficial do pavimento. Com uso de uma régua metálica, verificam-se as profundidades das deformações permanentes contidas ao longo das trilhas de roda ao entorno da área escolhida para instalação (transversalmente ao sentido da via). A Figura 8 apresenta, em planta, os locais de levantamento e os valores de profundidade encontrados. O espaçamento entre as linhas de medidas é de um metro.

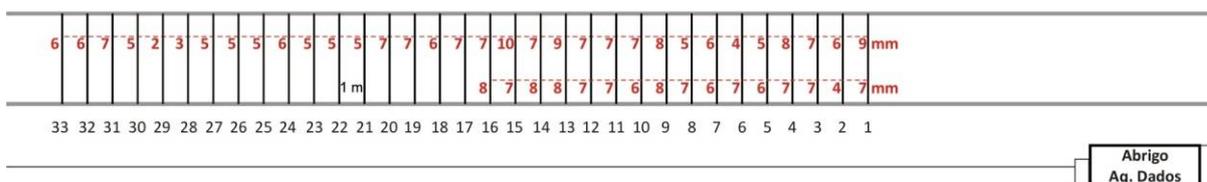


Figura 8 – Planta do mapeamento das deformações permanentes.

As ferramentas para o levantamento das diversas profundidades de deformação permanente são apresentadas na Figura 9. O conjunto é formado por uma régua metálica (alumínio) e uma régua de profundidade.



Figura 9 – Verificação das deformações permanentes (na trilha de roda).

Após mapeamento das profundidades, realiza-se a marcação das disposições de cada sensor, com espaçamento entre cada sensor permanecendo um metro. Define-se a posição dos sensores a partir da última linha, décima sexta linha. A base de alinhamento para a instalação do primeiro sensor (correspondente a 16ª linha da ordem de sensores) é o sensor número um do conjunto Hestia ECM.

A Figura 10 apresenta a marcação da primeira abertura do sensor Kistler (correspondente a 16ª linha). Cuidadosamente, marcar-se o layout de instalação dos sensores com tinta própria para piso. Neste conjunto os sensores devem permanecer exatamente perpendiculares a pista. As linhas sensores são locadas por triangulação, o que garante o paralelismo e as distâncias corretas.



Figura 10 – Marcação com tinta branca para piso.

A Figura 11 apresenta a marcação das duas primeiras linhas de sensores, as três linhas correspondem a marca da espessura das aberturas. Esta espessura varia de acordo com o tipo de sensor e fabricante, no caso dos sensores Kistler é de 60 mm.



Figura 11 – Alinhamento dos sensores e espaçamento das aberturas.

Pode ser visto na Figura 12 as quatro primeiras linhas executadas e, na área extrema a esquerda da imagem, os dois últimos conjunto de sensores (correspondem a 16° linha).



Figura 12 – marcação dos espaçamentos entre as linhas de sensores.

O fabricante recomenda a instalação de dois sensores ao mesmo tempo. Como a quantidade de sensores utilizadas neste experimento é relativamente grande, adotou-se a instalação em conjuntos de quatro sensores.

As aberturas dos sensores são cortadas com uma serra circular diamantada de espessura 3,6 mm e diâmetro de 450 mm. As profundidades das aberturas deverão ser de 60 mm. Durante a execução do corte, verificam-se as profundidades da abertura do sensor, no mínimo três pontos distintos, sendo um no início do corte, outro na metade do comprimento e outra no final de corte. O comprimento das aberturas deve ser suficiente para conter os dois sensores e os cabos de conexão fixados na ponta de um dos sensores. Uma das etapas de verificação da profundidade da abertura está registrada na Figura 13.



Figura 13 – Checagem da profundidade de corte.

Para uma mesma linha são executados três cortes, onde o seguinte procedimento é adotado: a primeira passada da serra circular, é em qualquer uma das duas linhas externas, a linha do meio é executada após as duas que a limitam na largura da abertura. Com auxílio de uma fita métrica, posiciona-se a serra na linha oposta à primeira, e executa-se, este corte, conferindo o espaçamento entre as duas marcas (pelo menos em três pontos distintos, no início, no meio e no fim). O corte da ultima parte é realizado sem um critério específico, isto porque tem a finalidade de facilitar a remoção do material do interior da abertura e, por isso, não possui nenhuma ligação direta com a qualidade da etapa.

Ao final dos cortes com a serra circular, inicia-se a remoção do material. Este se faz com o uso de pontaletes e martelo. Primeiro rompe-se a ligação com a base por flexões alternadas. Logo após o rompimento, remove-se o material solto iniciando o acabamento com os pontaletes e martelo.

A Figura 14 apresenta a verificação das dimensões da abertura de uma das linhas de sensores executada. Todas as aberturas foram verificadas com auxílio do gabarito de instalação Kistler, este instrumento verifica, também, o alinhamento da superfície do sensor com a superfície do pavimento que será apresentado em uma das etapas seguintes.



Figura 14 – Verificação das dimensões da abertura com gabarito Kistler de instalação.

A Figura 15 apresenta as quatro primeiras linhas executadas. Estas correspondem, da esquerda para direita, as linhas de sensores 16°, 15°, 14° e 13°. É possível identificar ao fundo da imagem, as canaletas de passagem dos cabos dos sensores, sendo estes são direcionados a uma caixa de passagem em comum, canto superior esquerdo.

Inicia-se a limpeza e secagem das aberturas logo após a remoção dos materiais asfálticos do interior. A limpeza tem o objetivo de garantir a máxima adesão obtida pela resina epóxi entre o sensor e o pavimento. Quaisquer materiais pulverulentos, que existam nesta região, podem comprometer esta característica. A Figura 16 apresenta execução desta limpeza. Como observado, adotou-se duas maneiras de executar esta etapa. Uma é pela utilização de um pano com álcool etílico, outra é com uso de uma chama controlada em um bocal. O bocal foi passado sucessivamente em movimentos rápidos para não permitir alteração das características do ligante asfáltico.



Figura 15 – Aberturas após corte e remoção do material betuminoso.



Figura 16 – Limpeza dos resíduos de material e secagem.

Ao mesmo tempo em que uma equipe prepara as aberturas com a limpeza e secagem, outra preparam os sensores para instalação. Cada linha de pesagem é

composta de dois sensores, a primeira providência tomada pela equipe é preparar a conexão entre eles. Cada sensor é entregue em uma embalagem individual, dentro estão os conjuntos de peças para a instalação (kits). Acompanham: as chapas metálicas para união de sensores e fixação dos cabos a ponta do sensor; um conjunto de gabaritos de madeira para o posicionamento do sensor, principalmente quanto à profundidade de instalação; grampos de fixação dos cabos ao corpo do sensor; e o documento de instalação.

A Figura 17 mostra a abertura das caixas dos primeiros conjuntos de sensores. As caixas são posicionadas lado a lado para facilitar a união entre sensores e a verificação com o dispositivo de teste de sinais.



Figura 17– Preparação dos conjuntos de sensores.

No caso dos sensores Kistler, uma linha de sensores é composta por dois sensores, os quais são agrupados através de uma chapa metálica. A fixação da chapa metálica, que prende os dois sensores da linha e fixa o cabo de conexão de um dos sensores, é mostrada na Figura 18.

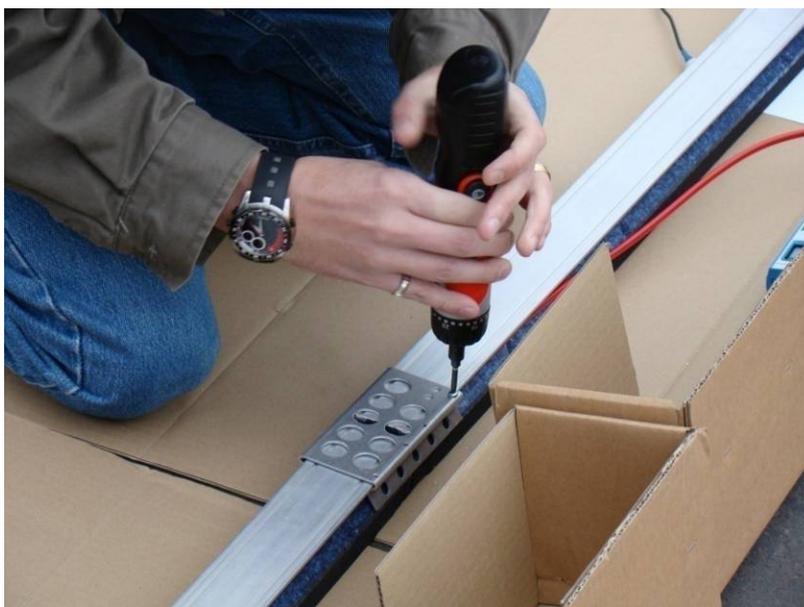


Figura 18 – Fixação dos sensores pelas extremidades.

A Figura 19 mostra a fixação da chapa metálica na extremidade direita (equivalente ao sentido do tráfego) do sensor. Esta placa tem duas funções, uma é a de fixação dos cabos que tem origem no sensor e os direcionam para a aquisição de dados, a outra é de fixação do fio de aterramento.



Figura 19 – Placa da extremidade do sensor, fixa os cabos de conexão e o fio terra.

A Figura 20 apresenta a extremidade esquerda do sensor. É possível identificar, nesta imagem, o gabarito de madeira, o grampo de fixação do cabo e o dispositivo de teste.



Figura 20 – Sensor, espaçador, grampo e dispositivo de teste de sinal.

Os gabaritos de madeira são fixados dois a dois em cada sensor. Em uma linha são dois sensores e quatro gabaritos. Os grampos de fixação são posicionados aleatoriamente ao lado e ao fundo do sensor de maneira a manter o cabo de conexão próximo ao corpo do equipamento.

Verifica-se, em cada sensor, o sinal eletrônico pelo dispositivo de testes, que mede resistência elétrica em Ω . O cabo de conexão é conectado ao dispositivo e ao se pressionar o botão "Measure" o sistema emite um sinal elétrico que retorna como uma leitura no mostrador. Um sinal marca correto quando o mostrador apresentar uma leitura na casa de $10^{10} \Omega$, conforme pode ser observado na Figura 21.



Figura 21 – Dispositivo de teste de sensores (mede resistência elétrica, Ω).

Antes da aplicação da resina epóxi, que cola o sensor ao pavimento, deve-se verificar a posição dos sensores quanto ao alinhamento vertical. O nível superior do sensor deve estar alinhado, o máximo possível, com a superfície do pavimento. Esta condição está relacionada com o princípio de funcionamento do sensor, pois a resposta eletrônica está no contato físico pneu/sensor.

A Figura 22 mostra a equipe de instalação da PAT/Kistler verificando os alinhamentos de uma linha de pesagem.



Figura 22 – Ajuste quanto ao posicionamento do sensor dentro da abertura.

A Figura 23 esclarece a técnica para verificar o alinhamento entre a superfície do sensor e a do pavimento. Em destaque, a imagem maior, apresenta o momento e a forma de verificação, com o gabarito de instalação e a régua de profundidade. Analisa-se o maior número de pontos possíveis a fim de garantir melhor alinhamento.

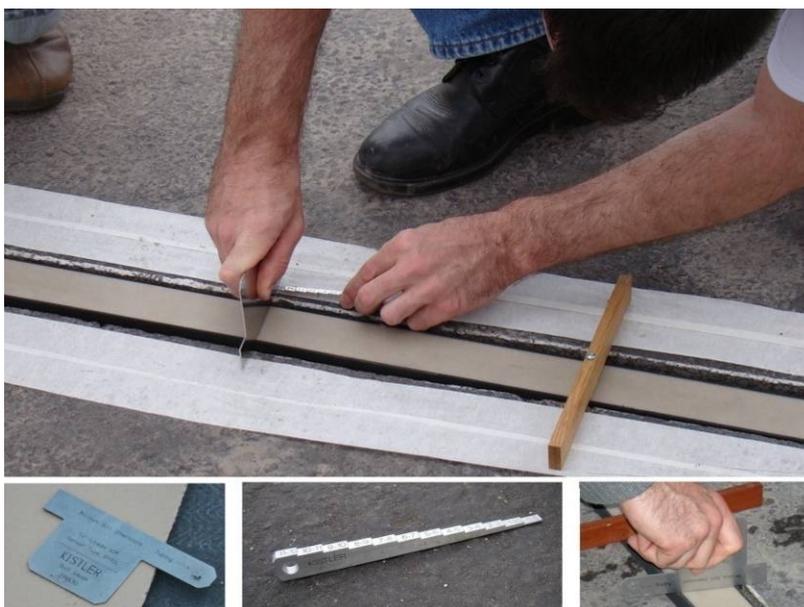


Figura 23 – Verificação da altura do sensor em relação à capa asfáltica.

A partir desta etapa as aberturas foram protegidas com fita crepe na borda lateral. Esta fita limita o espalhamento superficial da resina epóxi, o espaçamento deve estar entre 3 a 6 mm da borda da abertura.

A mistura da resina epóxi (também chamado de “grout”) é feita pela junção de três materiais diferentes. O primeiro material é a resina que oferecer adesão e coesão a mistura, o segundo é o catalisador da pega (endurecimento do material) e o terceiro é o agregado mineral, uma areia fina composta principalmente de quartzo. A Figura 24 apresenta a embalagem contendo os três materiais, a adição dos elementos ao agregado mineral e mistura com batedeira adaptada.



Figura 24 – Embalagem dos materiais componentes do “grout” e mistura com bateadeira.

A mistura do “grout” segue o seguinte procedimento: primeiramente adiciona-se a resina ao agregado mineral e mistura-os com a bateadeira, o processo é contínua até obter boa consistência da massa, em seguida adiciona-se o catalisador. Após a adição do catalisador, aplica-se a base da abertura sem o sensor.

A resina é aplicada em uma única camada, logo o sensor é posicionado e fixado firmemente dentro da abertura com a resina. A Figura 25 apresenta a aplicação da amada de resina, momentos antes da colocação do sensor no interior da abertura. Esta camada deve estar espalhada no interior da abertura e compreender toda superfície inferior.



Figura 25 – Espalhamento de resina nas aberturas.

A Figura 26 mostra o espalhamento manual da resina no fundo e lateral da abertura. Com uma espátula, após derramar a resina, deve-se garantir uma homogeneidade na distribuição do “grout”, que permite uma melhor adesão ao sensor. Para cada linha de sensor, são necessários dois baldes de resina. Estes dois são espalhados na mesma etapa e no mesmo momento.



Figura 26 – Preenchimento primário da abertura com resina para acomodação de sensor.

Logo após, realiza-se o encaixe do sensor no interior da abertura com a resina. A equipe controla a posição relativa do sensor e os cabos de transmissão de sinais. Uma equipe mínima de duas pessoas é necessária para encaixar os sensores. A Figura 27 mostra três membros da equipe posicionando o sensor.



Figura 27 – Acomodação do sensor dentro da abertura com primeira cada de resina.

Após o encaixe, mantém-se o sensor em contato com a resina sobre pressão até que a resina apresente consistência, ou seja, ser capaz de impedir a remoção ou deslocamento dos dispositivos. Adotou-se um intervalo de 24 horas para a cura da resina, permanecendo em repouso com pesos sobre os gabaritos de madeira nos sensores, quatro por linha. A Figura 28 apresenta o ajuste dos cabos de alimentação e transmissão de sinais dos dois sensores da linha instalada.



Figura 28 – Acomodação dos cabos de conexão (sensor quartzo).

Após o endurecimento da resina epóxi, foi executado o acabamento superficial dos sensores entre a resina e o pavimento. Para isso, foi utilizada uma lixadeira com um disco apropriado para concreto (granito, mármore, etc.), com ponta diamantada. A Figura 29 mostra a execução do acabamento com lixadeira, executado com movimentos circulares.



Figura 29 – Acabamento da superfície de contato entre a carga e o sensor.

Após o acabamento superficial de todos os sensores, passou-se a preparação do conjunto de aquisição de sinais e amplificador de carga. A Figura 30 apresenta o grupo de sensores instalados, ao todo foram dezesseis (16) sensores piezoelétricos a base de quartzo.



Figura 30 – Sensores de pesagem em movimento com sensores piezelétrico quartzo.

Após o acabamento superficial de todos os sensores, passou-se a preparação do conjunto de aquisição de sinais e amplificador de carga. Os cabos são conectados em canais separados nos dois amplificadores de carga Kistler modelo 5153A121, que possuem 18 entradas de canais cada, com um escala máxima de 60000 pC por canal. A Figura 31 apresenta um painel do amplificador de carga e a fixação dos cabos dos sensores.



Figura 31 – Amplificador de carga Kistler e cabos de sensores.

A saída dos amplificadores de cargas são conectadas em duas placas de aquisição de sinais da National Instruments modelo NI USB-6251 M, cuja função de transformar o sinal analógico em sinal digital, sendo, os sinais gerados, enviados ao sistema de armazenamento de dados.

2.2 Sensores Hestia ECM – Cerâmico

Os sensores para pesagem de veículos em alta velocidade de fabricação da *Electronique Controle Measure* (ECM) são compostos por um material piezelétrico de base cerâmica. A nomenclatura oficial para este tipo de sensor é, conforme o fabricante, *Roadtrax BL Piezoelectric Axle Sensor*.

Os sensores são alinhados perpendicularmente a pista e seus espaçamentos são constantes, um metro entre cada sensor (conforme as regras adotadas com o primeiro grupo de sensores). A referência de partida é o alinhamento central do abrigo de aquisição de dados, ou seja, na metade da fachada frontal traça-se uma linha mestra principal perpendicular a pista.

Os demais sensores são espaçados a partir da linha mestra principais, à direita e a esquerda, e assim permanecem agrupados de quatro em quatro linhas de sensores. A Figura 32 apresenta o layout de instalação dos sensores Hestia ECM. No primeiro grupo estão os sensores 1, 2, 3 e 4, no segundo os sensores 5, 6, 7 e 8, no terceiro os sensores 9, 10, 11 e 12 e, por fim, os sensores 13, 14, 15 e 16.

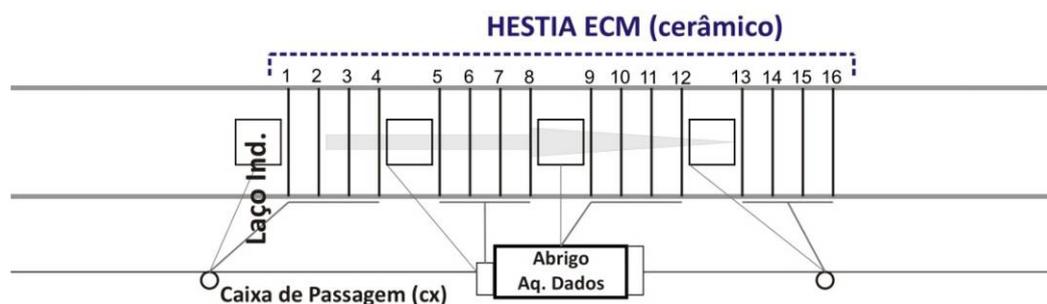


Figura 32 - Layout de instalação dos sensores HESTIA ECM (cerâmico).

A seção longitudinal padrão das aberturas dos sensores de pesagem em movimento em base cerâmica está exemplificada na Figura 33. Este tipo de abertura apresenta uma única profundidade de 60 mm, assim com sua largura, também de 60 mm. A

canaleta de passagem dos cabos possuem a mesma profundidade da abertura, mas apresenta uma largura inferior, de 50 mm.

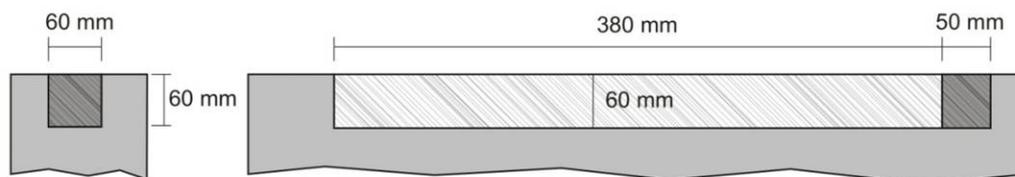


Figura 33 – Aberturas padrão para instalação do sensor HESTIA ECM.

A Figura 34 apresenta o esquema de instalação e o posicionamento dos sensores com relação à abertura, a pista e a canaleta de passagem de cabos. Diferentemente dos sensores quartzo, cada sensor de base cerâmica corresponde a uma linha de medida, então é válida a relação linha 1 (L1) com sensor 1 e assim sucessivamente.

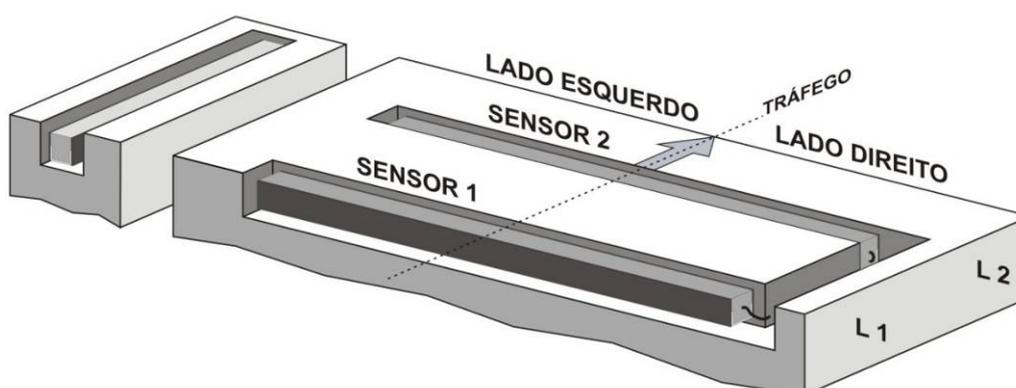


Figura 34– Esquema de instalação de sensores.

O princípio de funcionamento dos sensores não exige o contato direto com a carga, ou melhor, não é ativado superficialmente, assim, ele se encontra imerso no interior da camada final de resina, que preenche toda a abertura e envolve o dispositivo. A Figura 35 apresenta a seção transversal da abertura padrão com o posicionamento do sensor no interior da seção transversal e preenchida com resina (grout).

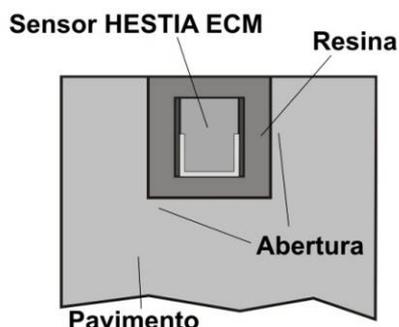


Figura 35 – Posicionamento do sensor na abertura com resina.

Os sensores estão são conectados ao sistema de coleta de informação localizado no interior do abrigo de aquisição de dados. A Figura 36 mostra o equipamento de aquisição e tratamento de sinais instalados dentro do armário de proteção, fixado a uma das paredes do abrigo. O sistema se comunica a outros equipamentos por uma rede distribuída em eletrodutos e caixas de passagem do abrigo.



Figura 36 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores.

2.2.1 A Metodologia de Instalação

A metodologia de instalação dos sensores Hestia ECM segue as mesmas condições descritas no capítulo de introdução. A primeira etapa é a de marcação da posição de cada sensor, que é executada com auxílio de trena, régua metálica, pincel e tinta

para piso. A locação inicial foi referenciada, com já explicado, na metade da fachada frontal do abrigo de aquisição de dados. A Figura 37 apresenta o início da marcação com fita métrica, régua e tinta para piso.



Figura 37 – Marcação dos sensores Hestia ECM.

Os cortes das aberturas são executados com uma serra circular de com ponta diamantada e espessura de 20 mm. Três cortes contínuos ao longo do seu comprimento são realizados para cada abertura da linha de sensor.

O início da atividade de corte está sintetizado na Figura 38. Nesta imagem, observam-se as linhas desenhadas marcam sobre o pavimento a área de corte com tinta branca e o dispositivo de corte movido a combustível que executa a tarefa. Este dispositivo pode funcionar com auxílio de água que lubrifica a serra nos momentos de corte.

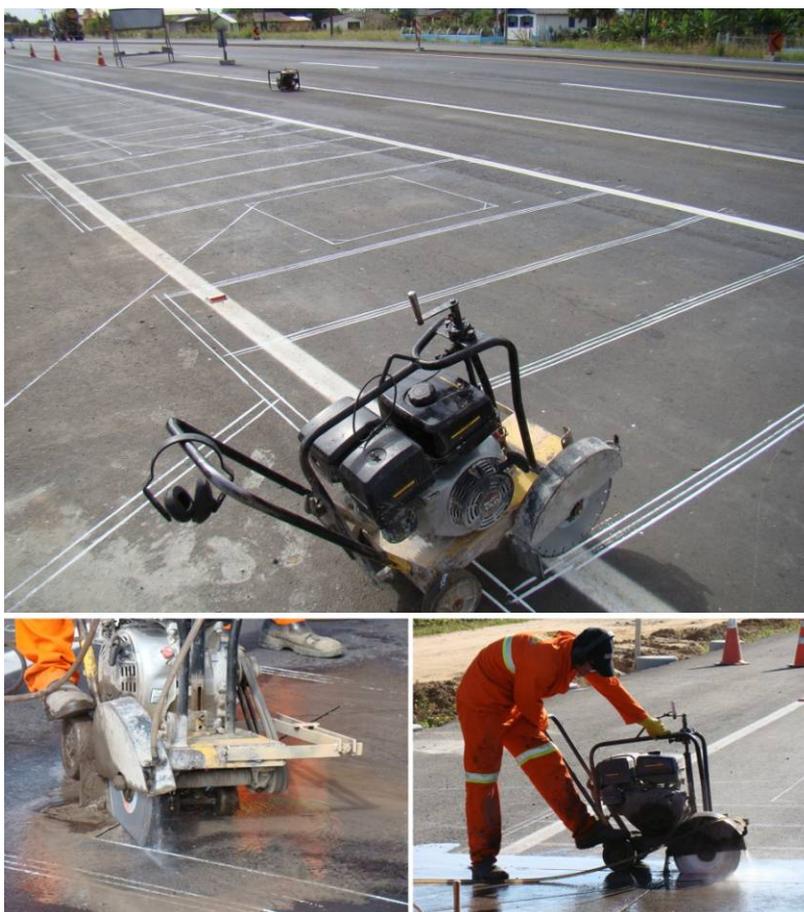


Figura 38 – Início do processo de corte.

A Figura 39 mostra como é realizado as sucessivas passagens com cerra circular na abertura dos sensores HESTIA. A serra utilizada possui espessura de 7 mm, as imagens exemplificam a execução geral de corte onde a primeira linha é escolhida nos alinhamentos externos, em seguida, corta-se a extremidade oposta a primeira. A última linha a cortada é a do meio, com o rigor necessário para a execução da segunda linha de corte, isto porque neste momento se define o espaçamento da abertura.



Figura 39 – O corte de cada abertura é realizado em três etapas.

Após as etapas de corte de uma abertura, três linhas para cada sensor instalado, realizam-se a retirada do material excedente e o acabamento do interior. Esta etapa está ilustrada na Figura 40, onde três funcionários da empresa de execução iniciam a remoção de material.



Figura 40 – Remoção do material das aberturas de cada sensor.

Conforme a técnica adotada, os três cortes segmentam a parte do pavimento onde estará o sensor. Estes segmentos são quebrados por flexão das partes coladas da mistura asfáltica. O acabamento final e limpeza do interior da abertura são executados com um pontalete metálico e martelo. A Figura 41 mostra o acabamento de quatro linhas de sensores e da respectiva canaleta de passagem de cabos no canto superior direito da imagem.



Figura 41 – Limpeza e remoção de material de quatro aberturas do sensores Hestia ECM.

A Figura 42 apresenta a execução da limpeza da canaleta de passagem de cabos de energia e leitura de sinais dos sensores. Cada grupo de quatro sensores existe uma abertura de passagem de cabos.



Figura 42 – Limpeza das aberturas para passagem dos cabos dos sensores.

Uma característica deste tipo de sensor (base cerâmico) é a permanência no interior da resina, ou seja, totalmente imerso. O espaçamento entre as paredes da abertura e o dispositivo deve ser aproximadamente 5 mm e permanecer igualmente imerso em um nível superior a 5 mm. A Figura 43 apresenta um detalhe da seção transversal dos sensores Hestia ECM (cerâmico). Os sensores Hestia ECM são embalados individualmente com seu respectivo cabeamento e acessórios



Figura 43 – Detalhe da seção da barra do sensor ECM (cerâmico).

A preparação dos sensores é simples, são fixados em cada sensor quatro gabaritos metálicos ao longo do comprimento. A Figura 44 apresenta quatro linhas de sensores com respectivos gabaritos. Deve-se levar em consideração o perfil longitudinal do pavimento na definição dos espaçamentos entre os gabaritos.



Figura 44 – Sensores ECM piezo elétrico de base cerâmico.

A Figura 45 apresenta o conjunto de três fotografias que ilustram a fixação dos gabaritos e o posicionamento no interior da abertura.

O início da preparação da resina epóxi é ao final da preparação dos sensores, pois a massa apresenta cura que pode variar de 20 a 40 minutos, depende da temperatura (considerado cura rápida, pois a massa apresenta consistência rígida antes da cura completa). A resina de colagem dos sensores é da classe ECM P5G, está composta por um pacote contendo a resina e outro contendo o catalisador da mistura, conforme pode ser visto na Figura 46.



Figura 45 – Posicionamento do sensor no interior da abertura.



Figura 46 – Resina preparada para aplicação no envolvimento do sensor.

A preparação dos compostos do produto é realizada em duas etapas, na primeira deve-se bater a massa da resina com o auxílio de uma colher de mistura, no caso foi adotada uma colher adaptada de uma ferramenta para bater tinta em uma furadeira elétrica. Em seguida se adiciona o catalisador a solução e a mecha por 5 minutos, logo após, realiza-se a aplica da mistura no interior da abertura. A Figura 47

apresenta as etapas do processo de misturas dos componentes da massa epóxi (grout).



Figura 47 – Etapas da mistura da resina epóxi (grout).

A aplicação do “grout” é realizada em camadas no interior da abertura. Estas camadas têm o objetivo de aumentar a área de contato entre o sensor, o grout e a massa asfáltica limites da abertura.

São ao todo duas camadas, a primeira é depositada ao fundo da abertura e cobre aproximadamente 1/3 da altura. A segunda é despejada após colocação do sensor sobre a massa.

A Figura 48 apresenta o espalhamento de material da primeira camada de resina. Neste momento o sensor aguarda sua fixação próxima a abertura. Nesta, aparece à fita que permite o acabamento superficial do “grout”.



Figura 48 – Primeira camada de resina.

A Figura 49 mostra o momento de fixação do sensor sobre a primeira camada de resina. Os aplicadores utilizam o próprio peso corporal para segurar o instrumento no interior da abertura e por assim permanecem por cinco minutos.

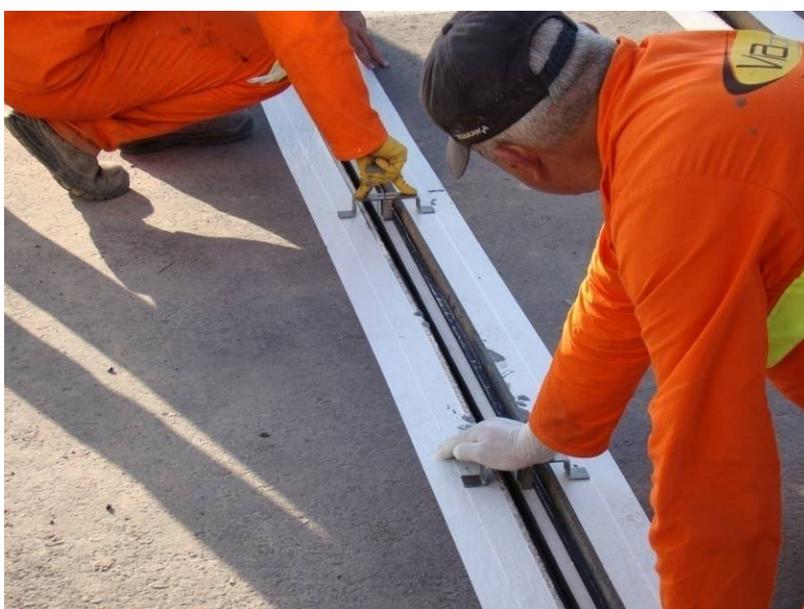


Figura 49 – Fixação do sensor sobre a primeira camada de resina.

A segunda camada inicia logo após a etapa de fixação sobre a primeira camada e a Figura 50 apresenta uma o encobrimento do sensor, que se encontra colado à base,

a massa é distribuída uniformemente por espátulas em movimentos unidirecionais. O restante da resina, que sobra sobre a fita, é aproveitada para o preenchimento ao longo da abertura.



Figura 50 – Encobrimento do sensor por segunda camada de resina.

A Figura 51 mostra, em detalhe, o momento de despejo da resina próximo a região final da abertura que se junta a canaleta de passagem dos cabos.



Figura 51 – Despejo e espalhamento da resina sobre abertura com sensor.

A Figura 52 apresenta o final de instalação dos sensores HESTIA ECM de base cerâmica. Está claro, na imagem, o conjunto de quatro sensores instalados de maneira consecutiva. Entre cada grupo, existe um sensor de presença, laço indutivo, conforme indicado na Figura 32.



Figura 52 – Sensores de pesagem em movimento ECM (cerâmico).

A partir da finalização da instalação dos sensores, os cabos dos mesmos, foram conduzidos através de caixas de passagem até o abrigo de aquisição de dados. Cada cabo foi conectado a um canal de leitura em sua respectiva entrada no sistema de aquisição e tratamento de sinais da Estação Hestia. A Figura 53 mostra instalação das conexões na estação Hestia ECM.



Figura 53 – Conexões da estação Hestia.

2.3 Sensores Brass Linguini – Polímero

Os sensores para pesagem de veículos a alta velocidade, de fornecidos da *Measurement Specialties*, são compostos por um material piezelétrico a base de polímero. A nomenclatura oficial para este tipo de sensor é, conforme o fabricante, *Roadtrax BL Piezoelectric Axle Sensor*.

São alinhados perpendicularmente a pista e seu espaçamento é constante nos conjuntos. Cada conjunto possui quatro sensores BL (polímero), o primeiro está locado próximo aos quatro últimos sensores Hestia ECM - Cerâmico e este separado por um laço indutivo. Este é o primeiro de quatro laços que compõem o sistema. O conjunto possui espaçamento entre sensores de um metro (1 m) e entre os laços o espaçamento é de dois metros (2 m). A Figura 54 apresenta o layout de instalação dos sensores Brass Linguini (polímero).

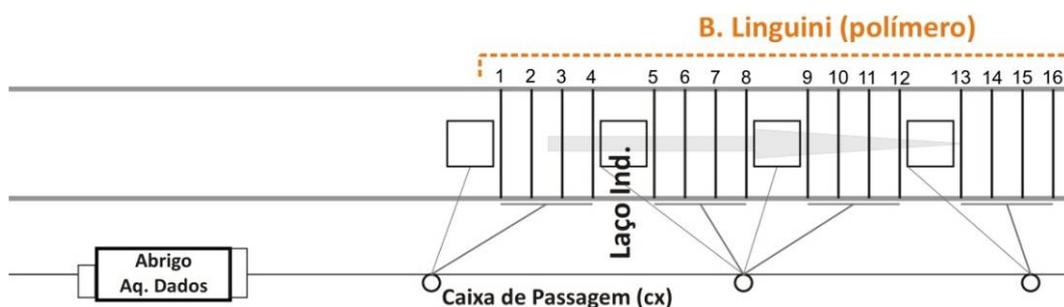


Figura 54 – Layout de instalação dos sensores BL.

A seção longitudinal padrão das aberturas dos sensores de pesagem em movimento, de base polímero, está definido na Figura 55. Este tipo de abertura apresenta uma profundidade variável ao longo de seu comprimento. Os valores variam entre entre as seguintes dimensões: 25 mm; 37 mm (25+12); e, 50 mm. A espessura é constante em 20 mm. A canaleta de passagem de cabos possui uma profundidade e largura de 50 mm, conforme indicada no canto direito da Figura 55 (área escura canto direito).

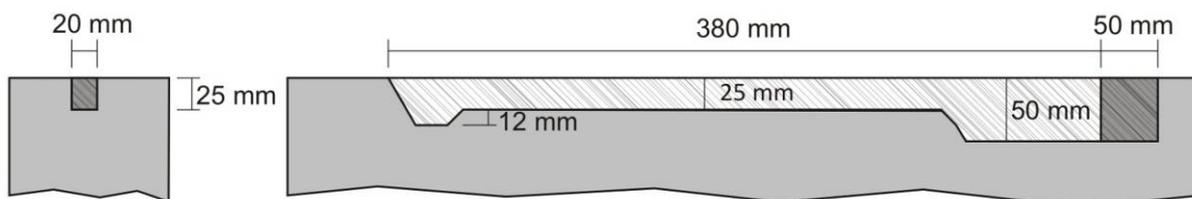


Figura 55 – Aberturas padrão para instalação do sensor BL (polímero).

A Figura 56 apresenta o esquema de instalação e de posicionamento dos sensores em relação à abertura, a pista e a canaleta de passagem de cabos. Cada sensor corresponde a uma linha de medida, então é válida a relação linha 1 (L1) para o sensor 1 e assim sucessivamente.

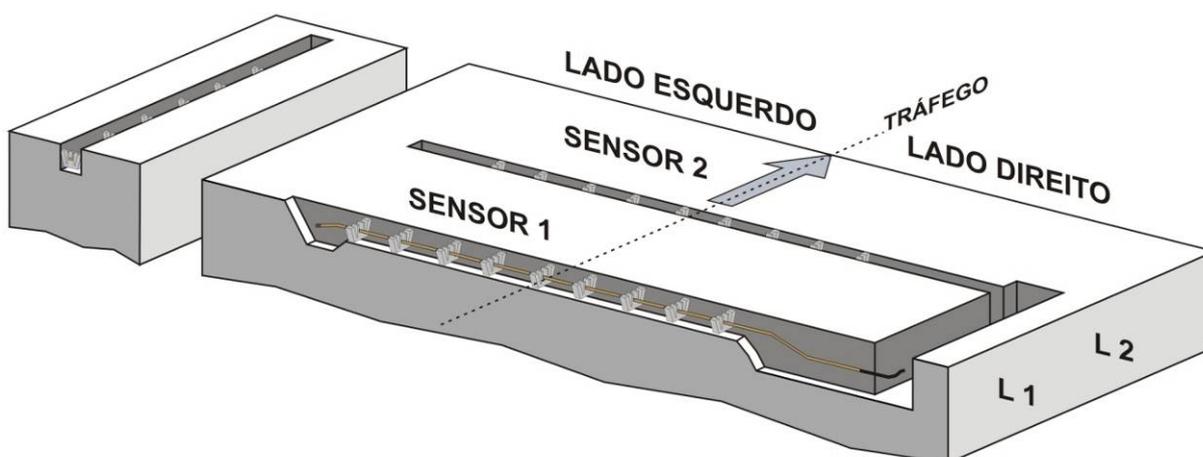


Figura 56 – Esquema de instalação de sensores.

O princípio de funcionamento dos sensores BL (polímero) não exige o contato direto com a carga, por isto permanece imerso em resina de fixação (grout). A Figura 57 apresenta a seção transversal da abertura padrão com o posicionamento dentro da seção transversal e resina.

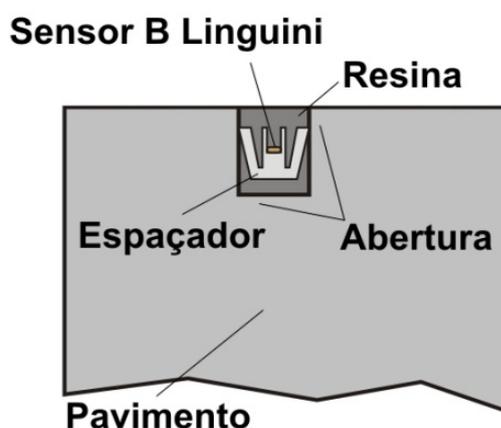


Figura 57– Posicionamento do sensor na abertura com resina.

Os sensores estão são conectados pelo sistema de coleta de informação no interior do abrigo de aquisição de dados. A Figura 58 mostra os equipamentos instalados na bancada e na parede do abrigo. O computador utilizado é uma estação Hestia, esta estação é composta pelos sistemas de coleta, análise, armazenamento e envio dos dados coletados em cada sensor.

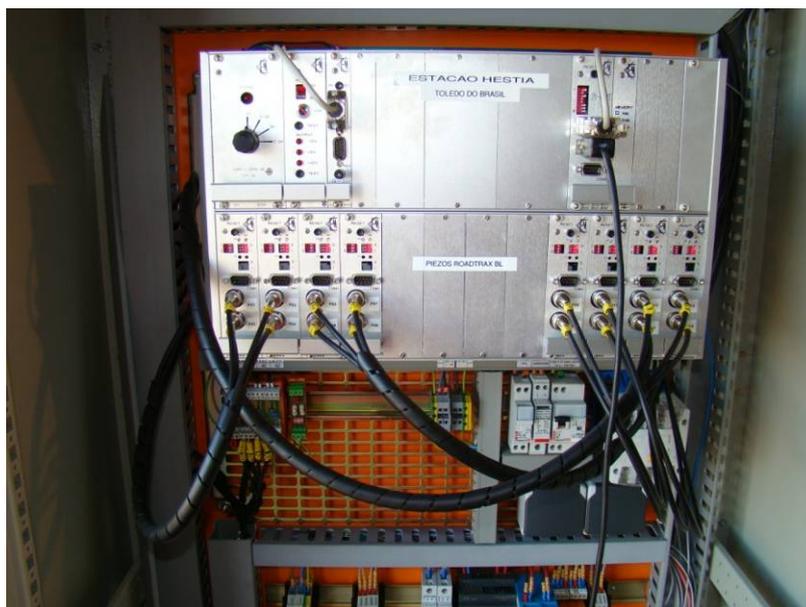


Figura 58 – Equipamentos de aquisição dos sinais dos sensores.

2.3.1 A Metodologia de Instalação

A instalação dos sensores tem início com a marcação cuidadosa do layout de instalação dos sensores com tinta própria para piso. Os sensores devem permanecer perpendicularmente ao sentido da pista de rolamento, no caso, a pista experimental. Verificam-se os comprimentos dos cabos necessários de cada sensor que deve ser suficiente para alcançar o gabinete do equipamento de coleta e tratamento de dados.

Cortam-se as aberturas para a colocação dos sensores com uma serra circular de ponta diamantada de espessura 20 mm, esta é a largura final do abrigo do sensor. A Figura 59 destaca a serra utilizada para o corte, está possui a espessura necessária para executar de uma só vez o trabalho.

As aberturas dos sensores devem ter profundidade de 25 mm, realizado no momento do primeiro corte. Em seguida, executam-se as profundidades de 37 mm e 50 mm, ou seja, nas regiões extremas da abertura de cada sensor, adicionando uma profundidade de 12 mm ao lado esquerdo e 25 mm ao lado direito (exemplificados na Figura 55). O manual de instalação dos sensores BL indicam que o corte deve ter comprimento superior em 200 mm a o tamanho total do sensor, o que inclui a

conexão dos cabos. A Figura 60 mostra o momento de execução da primeira etapa (profundidade de 25 mm).



Figura 59 – Serra Circular de espessura 20 mm e ponta diamantada.



Figura 60 – Corte das aberturas com serra (20 x 25 mm).

O técnico de instalação executa furos de 10 mm de largura ao longo da abertura, logo após a execução do corte. Estes possuem a função de contribuir para a permanência do conjunto resina-sensor (função de fixação do tipo raiz) no interior da abertura. A Figura 61 apresenta parte da abertura com um furo (raiz) e uma referência escalar.



Figura 61 – Abertura padrão do sensor B. Linguini.

As canaletas são cortadas para o encaminhamento dos cabos dos sensores. Estas possuem a mesma profundidade da parte que mantêm o sensor. A largura mínima de projeto, para cada canaleta, é de 6 mm, porém, foi executado uma abertura de 50 mm, isto ocorreu devida a quantidade de cabos que passam até as caixas de passagem, conforme apresentado na Figura 62.



Figura 62 – Canaletas de passagem de cabos.

Todas as aberturas devem estar limpas e secas. O manual de instalação indica que deve se limpar as aberturas cortadas com água e uma barra de punção de aço. Usou-se uma toalha de tecido com álcool e um aspirador elétrico para secar as aberturas. O álcool serve para melhorar a eficiência da secagem. A Figura 63 mostra a execução da etapa de limpeza.



Figura 63 – Limpeza das aberturas com álcool.

Ao remover o sensor da embalagem, devem-se realizar os testes de resistência elétrica, de capacitância e de fator de dissipação. O teste de resistência é realizado com o multímetro em escala de resistência de 20 m Ω . O valor de capacitância deve estar contido no intervalo ± 20 m Ω e o fator de dissipação inferior a 0,04 m Ω . A Figura 64 apresenta o sensor BL (polímero) e os itens auxiliares de instalação no interior da embalagem.



Figura 64 – Embalagem com o sensor BL - Polímero.

Conforme apresentado na Figura 55, o sensor BL permanece fixo ao centro da abertura, esta posição deve ser mantida durante todo o processo de deposição da resina epóxi. Um espaçador composto de plástico é fixado ao corpo do sensor e colocado a cada 150 mm.

A Figura 63 apresenta um conjunto de imagens que ilustram a fixação dos espaçadores e a forma do espaçador. Na imagem maior, ao centro, nota-se na extremidade do sensor uma proteção plástica que protege a ponta flexionada do sensor.



Figura 65 – Fixação dos espaçadores na linha de sensor.

A Figura 66 ilustra a forma assumida pelo sensor ao ser posicionado no interior da abertura. Ambas as partes do sensor são curvadas “in-loco”, a inclinação do sensor é de 30° a partir do eixo na extremidade livre, na outra (a do cabo de conexão) formam dois ângulos de 15° com o eixo.

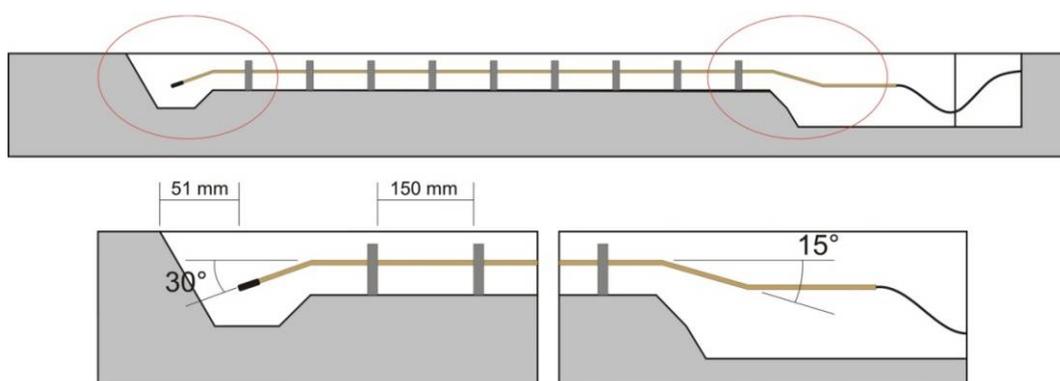


Figura 66 – Detalhes de preparação dos sensores BL.

A Figura 67 mostra um sensor por inteiro no interior da abertura.



Figura 67 – Posicionamento no interior da abertura com espaçadores.

A técnica de aplicação do grout, descrita pelo manual de instalação fornecido pela empresa fornecedora, indica que deve ser aplicada a fita do tipo crepe próxima as arestas da abertura (uma distância ideal é 3 mm). A Figura 68 apresenta o procedimento adotado para a colocação da fita adjacente a abertura.



Figura 68 – Posicionamento do sensor e colocação de fita crepe.

A massa de resina para fixação dos sensores no interior da abertura é um composto de dois elementos. O primeiro é a resina de poliuretano e o segundo é o composto de endurecimento, a Figura 69 apresenta os compostos para mistura.



Figura 69 – Componentes da resina para encapsular sensor.

A mistura dos compostos não deve durar mais que 2 minutos, a aplicação do produto é imediatamente após a mistura. A combinação dos compostos é realizada com auxílio de pás adaptadas para mistura em uma furadeira. A Figura 70 combina três imagens correspondentes as atividades de aplicação da resina seladora dos sensores Brass Linguini (polímero).



Figura 70– Espalhamento da superfície da resina do interior da abertura.

O tempo de aplicação da resina deve ser o mais breve possível, esta resina endurece rapidamente. O período de cura é dependente da temperatura ambiente, quanto mais elevada menor é o tempo. Em condições normais, o tempo de endurecimento é de 20 minutos (período em que o tráfego pode ser liberado) e sua cura completa é de 24 h.

A Figura 71 apresenta o layout padrão dos sensores de pesagem em movimento, quatro linhas BL polímero é um laço, este conjunto se repete por quatro vezes.



Figura 71 – Sensores de pesagem em movimento BL polímero.

Após a finalização da instalação dos sensores, foram realizadas as conexões dos canais de leitura em sua respectiva entrada no sistema de aquisição e tratamento de sinais instalado no abrigo de aquisição de dados. A eletrônica de aquisição e tratamento de dados é a mesma utilizada para o sistema dos sensores cerâmicos, a estação Hestia ECM. Entretanto, para permitir a leitura correta dos sinais, foram instalados, para os sensores polímero, atenuadores de forma a reduzir o ganho de sinais. A Figura 72 mostra a instalação das conexões dos sensores piezoelétricos polímero no sistema de aquisição e processamento de dados.

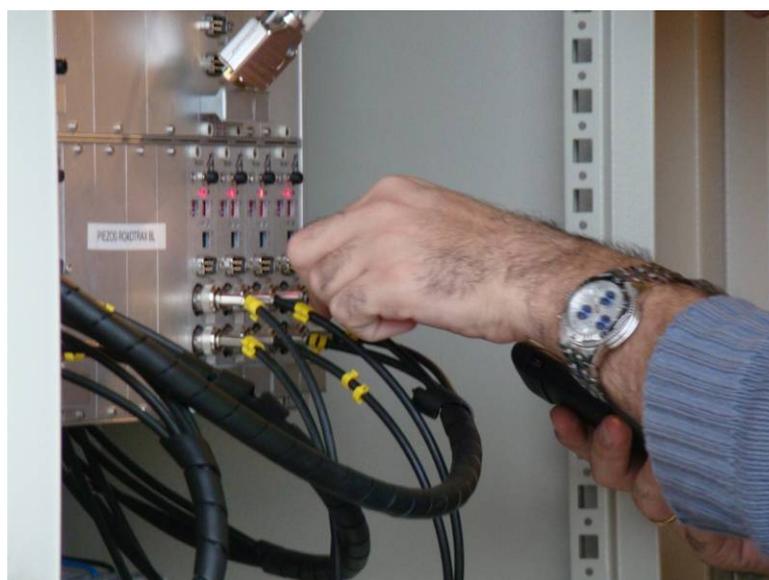


Figura 72 – Instalação das conexões na Estação Hestia

CAPÍTULO 3 – EQUIPAMENTOS E SISTEMAS COMPLEMENTARES

3 EQUIPAMENTOS E SISTEMAS COMPLEMENTARES

Este descreve os procedimentos de instalação dos equipamentos e sistemas complementares que fazem parte do rol de equipamentos utilizados no sítio da pesquisa de pesagem em movimento situado na BR 101Sul Km 418 - Araranguá.

Entre os equipamentos, destaca-se o sistema de análise das deformações de pavimento, composto por sensores e eletrônica de aquisição de dados.

Outro dispositivo auxiliar de grande importância aqui destacado é a instalação dos laços indutivos. Os laços indutivos controlam a aquisição de dados dos sistemas de pesagem em movimento e de captura de imagens. Eles são responsáveis por informar quando um veículo se aproxima dos primeiros conjuntos de sensores, disparando o processo de coleta de dados e informações.

Este Capítulo apresenta também a instalação dos sistemas de captura de imagens para registro das placas dos veículos e o sistema de segurança do abrigo de aquisição de dados. O sistema de segurança permite inibir vandalismos com barreiras físicas, alarmes e iluminação noturna permanente.

3.1 Sistema de análise de deformação do pavimento

O sistema de análise de deformação do pavimento composto por sensores de deformação, sensor de temperatura, sistema de aquisição e armazenamento de dados foram instalados de forma independente da estrutura do abrigo de aquisição de dados do sistema de pesagem em movimento. No entanto, existe uma conexão elétrica do tipo fase, neutro e terra, proveniente da rede interna da edificação. Estes três cabos passam do abrigo ao gabinete outdoor pelas caixas de passagem. A Figura 73 apresenta o layout de instalação dos sensores de deformação, temperatura e a localização do gabinete. Os sensores estão numerados de acordo com a sequência de operação.

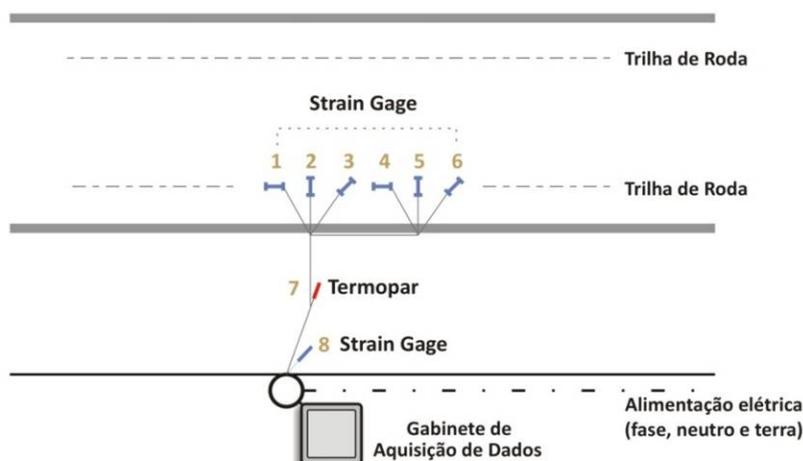


Figura 73 – Layout de instalação dos sensores de deformação, temperatura e gabinete.

Os conjuntos de sensores são monitorados por um sistema de aquisição de dados, que contém os canais de leitura analógica, e um computador de dedicação exclusiva. Os dispositivos permanecem no gabinete outdoor próximo aos sensores, este é próprio para locais abertos e com variações nas condições climáticas (temperatura e umidade). A área de estudo é adjacente ao segmento onde estão instalados os sensores de pesagem em movimento piezelétricos quartzo, mais precisamente, próximo ao primeiro laço indutivo do conjunto de sensores Kistler, conforme consta na Figura 1.

A referência do alinhamento do sistema é a trilha de roda a direita no sentido do fluxo. O posicionamento dos sensores é no eixo distante 60 cm da linha que passa sobre o centro da pintura lateral direita. A primeira etapa de instalação é a marcação para o corte. A Figura 74 apresenta três imagens que mostram as marcações das linhas de corte.



Figura 74 – Disposição de corte e alinhamento dos sensores.

A marcação é conforme a técnica utilizada para instalação dos demais sensores de pesagem, ou seja, com tinta própria para piso, pincel e régua metálica. As dimensões dos sensores e dos respectivos cabos de transmissão de dados são os parâmetros que definem o layout de instalação.

O equipamento para a execução dos cortes é a serra circular com ponta diamantada e espessura de 20 mm. Esta permite a execução, em uma única etapa (sem troca de serra por outro de espessura diferente), dos cortes das aberturas de cada sensor. O seu formato lembra a forma de um “H”, ou para alguns autores a forma “I”, o que força uma execução nas dimensões específica de cada sensor. A Figura 75 mostra a serra circular utilizada no processo de corte do pavimento para instalação dos sensores.



Figura 75 – Corte das aberturas dos sensores com serra de espessura 20 mm.

As adaptações dos sensores de deformação para emprego em estruturas de concreto asfáltico são as barras de alumínio aparafusadas e coladas ao corpo do sensor. A Figura 76 apresenta as barras de alumínio aparafusadas e coladas ao corpo de plástico protetor sensor (strain gauge). Este tipo de adaptação possibilita uma maior ancoragem entre o material a ser analisado e o sensor.



Figura 76 – Montagem dos Sensores de Deformação (Strains Gauge, perfil H).

Uma serra circular de espessura de 7 mm foi utilizada para a execução das canaletas de passagem de cabos. Para cada abertura de sensor deve existir uma saída para a passagem de fios. As passagens são linhas interligadas destinadas a caixa de passagem, que se comunica com o gabinete outdoor. A Figura 77 apresenta o final da etapa de corte das aberturas e das canaletas.

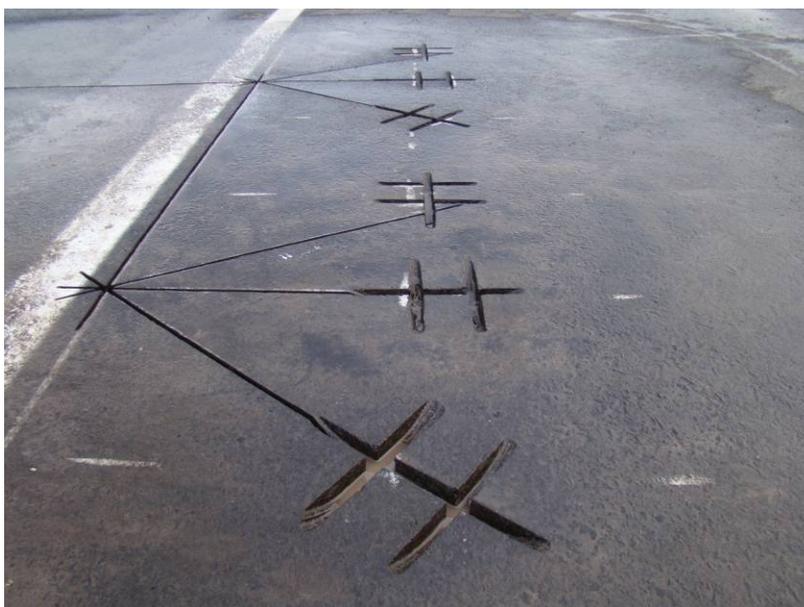


Figura 77 – Final de corte das aberturas dos sensores.

Após a execução dos cortes, verificam-se as dimensões das aberturas com o respectivo sensor (verificaram-se os sensores Strain Gauge nas aberturas: 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8; e sensor temperatura: 7). Desta forma é possível evitar problemas de encaixe final e selagem com resina. A Figura 78 apresenta a verificação com os sensores 4, 5 e 6 nas suas respectivas aberturas.



Figura 78 – Verificação das dimensões das aberturas.

Os sensores de deformação estão instalados na camada de rolamento à aproximadamente 2,50 cm de profundidade, o que permite verificar as deformações superficiais (bacia de deflexão) de maneira contínua.

Dois materiais diferentes foram utilizados para a fixação dos sensores e cabos. Os sensores são fixados com a mesma resina empregada nos sensores BL (polímero). O material definido para a fixação dos sensores de deformação deve ser compatível com as deformações encontradas no material avaliado, no caso o concreto asfáltico betuminoso.

Por serem estruturas flexíveis, a resina deve possibilitar a deformação compatível com o tipo de sensor. No caso, as resinas utilizadas nos processos de instalação dos sensores (pesagem em movimento e deformação) são apropriadas para este emprego. O material para selar os locais de passagem dos cabos dos sensores é um silicone do tipo industrial, próprio para ambientes com variações de temperatura e umidade.

A Figura 79 mostra o conjunto instalado com os sensores 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8 (Strains gauge) e 7 (termopar), apresenta também a resina e o silicone empregado para selar as aberturas. O sensor 8 também é um sensor do tipo strain gage, mas sua principal função é compensar a influência da temperatura na variação do sinal registrado.

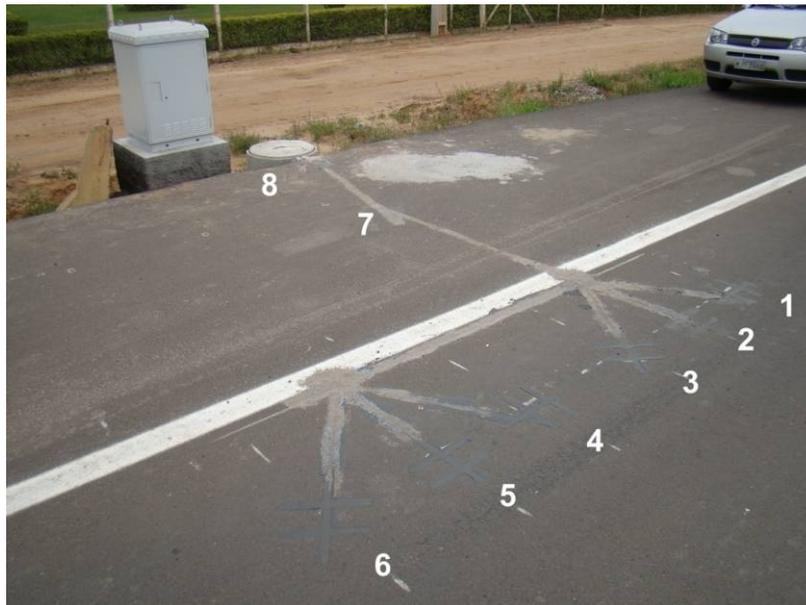


Figura 79 – Fixação com resinas do sistema de análise de deformação e temperatura.

A configuração adotada no procedimento de instalação é em formato roseta, ou seja, dois sensores perpendiculares entre si (e ao eixo da rodovia) e um na diagonal a 45°. Esta configuração permite verificar as deformações longitudinais, transversais e intermediárias.

A Figura 80 ilustra o site de monitoramento de deformação e temperatura do pavimento asfáltico da pista experimental. Os sensores Strain gauge (deformação) estão assinalados em azul, o sensor termopar (temperatura) está marcado me vermelho. O gabinete outdoor está adjacente ao local de instalação dos sensores com computador (Rack 19”) e sistema de aquisição de dados (32 canais).

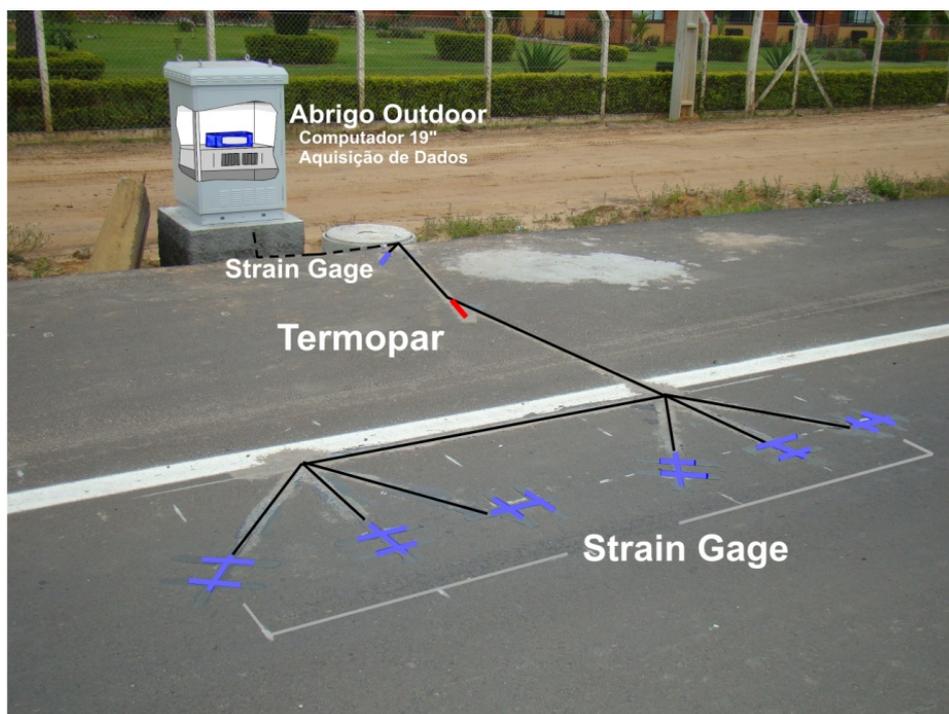


Figura 80 – Layout final dos sensores e abrigo outdoor.

A Figura 81 mostra o interior do gabinete outdoor no momento da configuração dos canais de aquisição de dados. O monitor é utilizado somente para configurações das entradas de sinais sendo retirado após esta etapa.

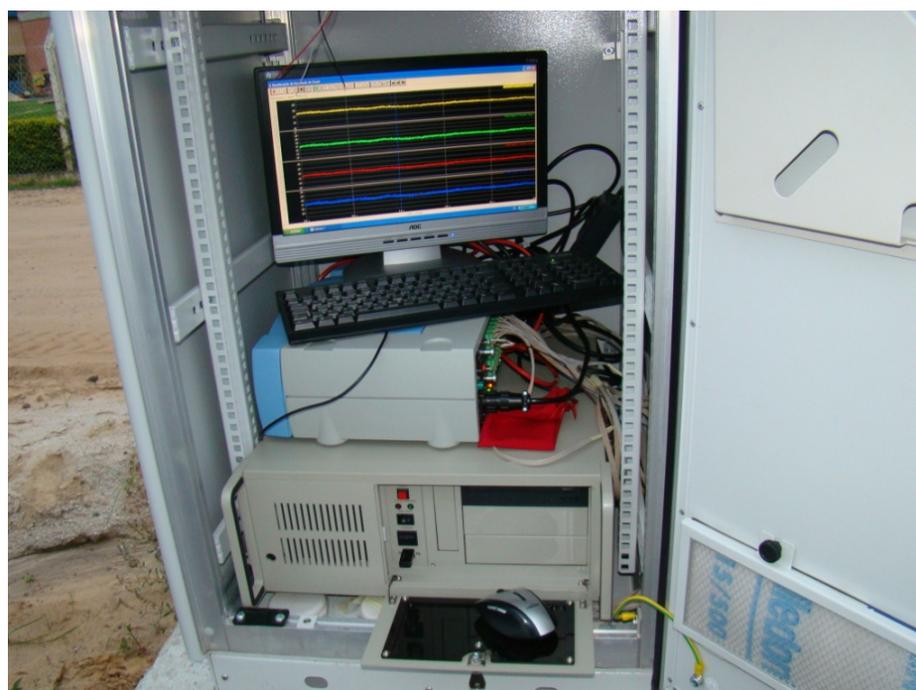


Figura 81 – Computador Rack 19” e Data Acquisition.

3.2 Instalação dos laços indutivos

Os sensores de presença são do tipo laço indutivo e são responsáveis pelo registro da entrada e saída de veículos na área de pesagem em movimento. A Figura 82 apresenta a localização dos laços instalados entre os sensores de pesagem. Estes funcionam como detectores de metal por influência eletromagnética e são conhecidos internacionalmente com “Loop Detector”.

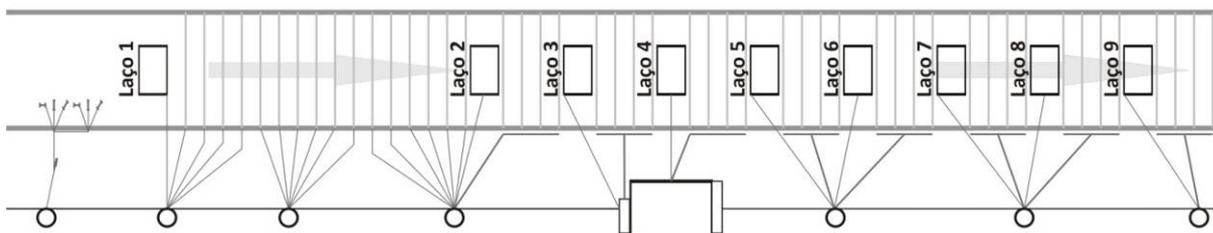


Figura 82 – Layout de instalação dos sensores de presença (Laço Indutivo).

Assim como a instalação de todos os sensores, os laços indutivos seguem as mesmas fases descritas na metodologia tratada até agora: marcação e pintura, corte, preparação do sensor, passagem dos cabos e selagem. A marcação e pintura estão apresentadas na Figura 83, onde as pinturas do laço formam quadrados de mesmo lado e alinhadas com o eixo da via. A dimensão do lado do quadrado é de 150 cm e a distância do comprimento da canaleta de passagem do cabo varia com o número do laço (Laço 1, Laço 2 e assim por diante).



Figura 83 – Marcação e pinturas das aberturas do sensor Laço.

Um operador executou as aberturas dos sensores com uma serra circular com ponta diamantada de espessura de 20 mm. Após corte, as aberturas possuem uma seção transversal com ± 20 mm de espessura e ± 60 mm de profundidade.

A Figura 84 apresenta o técnico com uma serra de corte sem uso de lubrificação a água. Este caso não é recomendado para cortes das aberturas dos sensores, pois o calor gerado altera as propriedades mecânicas do pavimento asfáltico.



Figura 84 – Corte das aberturas com serra circular.

A preparação do sensor laço indutivo é simples, um cabo elétrico, sem emendas, é enrolado entorno de si, formando uma espiral contínua. Para espiralar o cabo, dois funcionários o esticam e o dobram pela metade enquanto enrolam. A Figura 85 apresenta o esquema de instalação padrão dos sensores de presença.

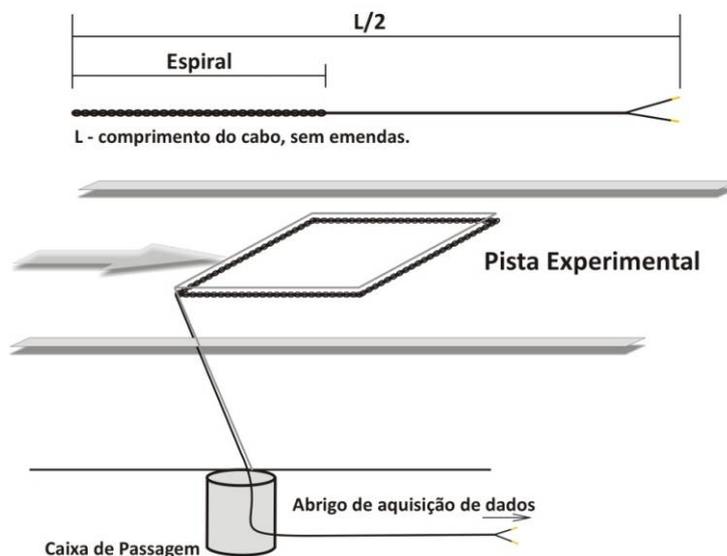


Figura 85 – Esquema de instalação dos Laços.

A colocação dos cabos do sensor é realizada com auxílio de uma haste metálica, que força o cabo para o fundo da abertura. A Figura 86 mostra a atividade de colocação dos cabos.



Figura 86 – Posicionamento do cabo sensor de laço indutivo.

O material empregado para a selagem das aberturas com sensor em seu interior é o ligantes asfáltico que é aquecido até apresentar uma viscosidade adequada tal que permita a vedação correta da abertura. Esta temperatura está em torno de 150° a

160° Celsius, o que por descuido pode causar o derretimento dos fios elétricos. A Figura 87 mostra o processo de aquecimento do ligante asfáltico.



Figura 87 – Aquecimento do ligante asfáltico.

O tipo de proteção utilizado nas aberturas para os cabos foi à areia umedecida que é depositada sobre os cabos momentos antes do espalhamento do asfalto. A Figura 88 exemplifica o momento do espalhamento do ligante sobre a abertura, nesta imagem vê-se, ainda, a areia utilizada para não permitir danos à fiação, devido o calor liberado.



Figura 88 – Aplicação de ligante asfáltico.

O acabamento final do local de instalação dos sensores laço indutivo é realizado logo que o ligante betuminoso endurece. Com uma espátula um funcionário raspa a superfície da cola arrancando as partes excedentes, conforme apresentado na Figura 89.



Figura 89 – Acabamento final do sensor de presença (Laço 1).

No final da etapa de instalação os cabos são conectados no sistema de aquisição de dados no abrigo centralizador das informações. Todos os nove laços indutivos são direcionados ao abrigo por caixas de passagem localizado na lateral direita da pista experimental. A Figura 90 mostra o primeiro laço do sistema BL, laço número 6.



Figura 90 – Laço instalado entre os sensores Hestia e BL (Laço 6).

3.3 Sistema de câmeras para registro de placas

As câmeras de registro de placas integram o sistema de pesagem em movimento. Conforme a realidade brasileira, os veículos de cargas podem possuir uma placa de registro na parte dianteira e outra placa traseira, no reboque. Sendo assim, foram instaladas duas câmeras de vídeo focadas no ponto esperado de passagem das placas. A Figura 91 ilustra o local de instalação das duas câmeras de controle e sua área atuação, os dispositivos estão instalados na parte frontal do abrigo.

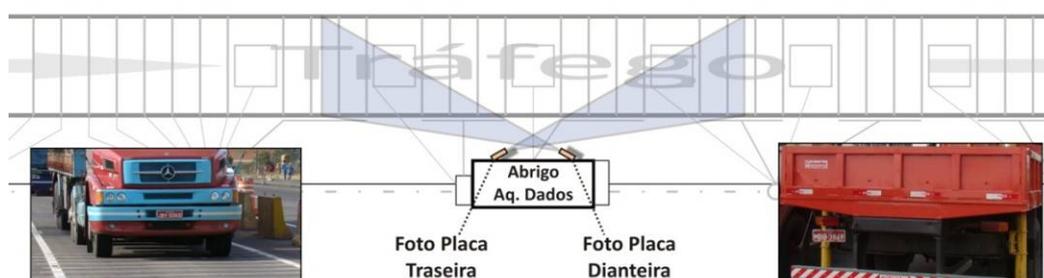


Figura 91 – Local de instalação e área de controle.

A Figura 92 apresenta as câmeras de controle de placas instaladas no abrigo de aquisição de dados. Cada câmera está posicionada de forma a monitorar uma das duas placas do veículo. A da esquerda (do observador da fotografia) registra a placa dianteira, a da direita monitora a placa traseira dos veículos.



Figura 92 – Câmeras de registro de placas dianteira e traseira.

A aquisição dos sinais e o arquivamento das imagens são realizados no mesmo computador que realiza estas funções com os dados dos sistemas de pesagem. O computador armazena cada imagem identificando a data e hora do acontecimento.

3.4 Sistema de segurança

O sistema de segurança do abrigo de aquisição de dados é subdividido em quatro partes distintas:

- 1) Sistema de Câmeras – duas câmeras de monitoramento eletrônico, posicionados estrategicamente, mantendo o foco na porta do abrigo e na parede anterior;
- 2) Sistema de Alarmes – sensores de presença no interior do abrigo com dispositivo sonoro e transmissão remota de aviso;
- 3) Portas e grades metálicas – uma porta gradeada de ferro galvanizado e chapa metálica e uma grade interna de ferro galvanizado;
- 4) Luminárias externas em poste – duas luminárias para lâmpadas de mercúrio de 350 watts de potência cada.

A Figura 93 combina, em uma imagem, as partes externas do sistema de segurança, mostrando a porta metálica com as grades internas, a imagem da câmera 01 em funcionamento à noite, o ponto de iluminação externa e as câmeras de vigilância.

O sistema de câmeras é composto por duas câmeras de monitoramento eletrônico e um computador de armazenamento de imagens, armazena os dados das duas câmeras em pacotes independentes de 10 minutos, realizando de maneira ininterrupta por 24 h. As câmeras são instaladas em postes metálicos posicionados em torno do abrigo, uma filma a parte anterior (câmera 1) e outra a porta de entrada (câmera 2). Os postes de sustentação são tubos de aço galvanizados, que estão aterrados no solo lateral a rodovia. A Figura 94 apresenta o momento da instalação das duas estruturas.



Figura 93 – Sistemas de segurança.



Figura 94 – Os postes do sistema de vigilância.

As câmeras são acomodadas no interior de caixas herméticas com aberturas protegida com vidro. Nos postes, os equipamentos são posicionados de maneira a

cobrir o campo de visão no entorno do abrigo. Na Figura 95 a imagem da esquerda corresponde à câmera de vídeo número 01 e a da direita a número 02.



Figura 95– Postes de câmera de segurança (câmera 01 direita, câmera 02 esquerda).

O sistema de aquisição de imagens, mostrado na Figura 96 é instalado no interior do abrigo. Um sistema auxiliar de energia, conhecido como “Nobrake”, alimenta o computador durante as situações de perda de energia elétrica na rede do abrigo.



Figura 96 – Equipamento de monitoramento e segurança (canto superior direito).

As câmeras monitoram o abrigo dia e noite. Durante 24 horas por dia é possível acompanhar em tempo real as atividades da pista experimental pelas imagens transmitidas via internet. A Figura 97 apresenta as imagens da câmera 01 e 02 no momento da realização de um teste do sistema com caminhões do fluxo da BR-101.



Figura 97 – Imagens de dia das câmeras de segurança (direita câmera 1; a esquerda câmera 2).

As luminárias instaladas permitem boa visibilidade da área próxima ao abrigo sem perturbar os motoristas do tráfego local. Além da segurança contra vandalismo, elas permitem melhor visibilidade do abrigo ao motorista que trafega pela rodovia a noite. Na Figura 98 as imagens das câmeras 1 e 2 estão respectivamente da esquerda para direita.



Figura 98 – Imagens noturnas das câmeras de segurança.

A Figura 99 mostra a eficiência da iluminação noturna pelas luminárias instaladas nos postes de transmissão de energia.

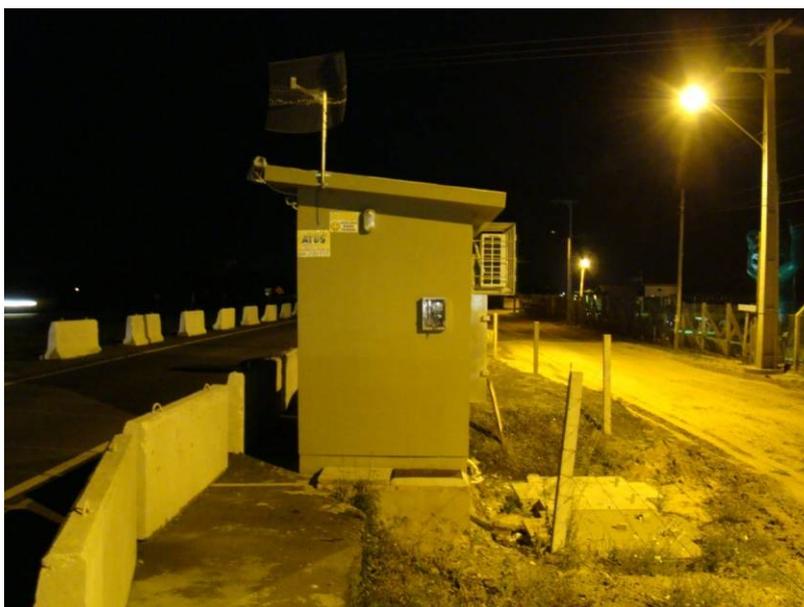


Figura 99 – Iluminação noturna.

As portas e grades são compostas por barras e chapas de aço soldado e galvanizado. As duas estruturas são chumbadas nas paredes do abrigo por parafusos que penetram na parede de alvenaria e outros que atravessam a estrutura. A Figura 100 mostra a grade e a porta metálica, ambas bloqueiam a passagem com cadeados presos nas estruturas, dois para grade e três para a porta.



Figura 100 – Grade interna e porta metálica.





DNIT

Identificação de Sistemas de Pesagem em Movimento

ANEXO A – PLANTAS “AS BIULT” DAS INSTALAÇÕES

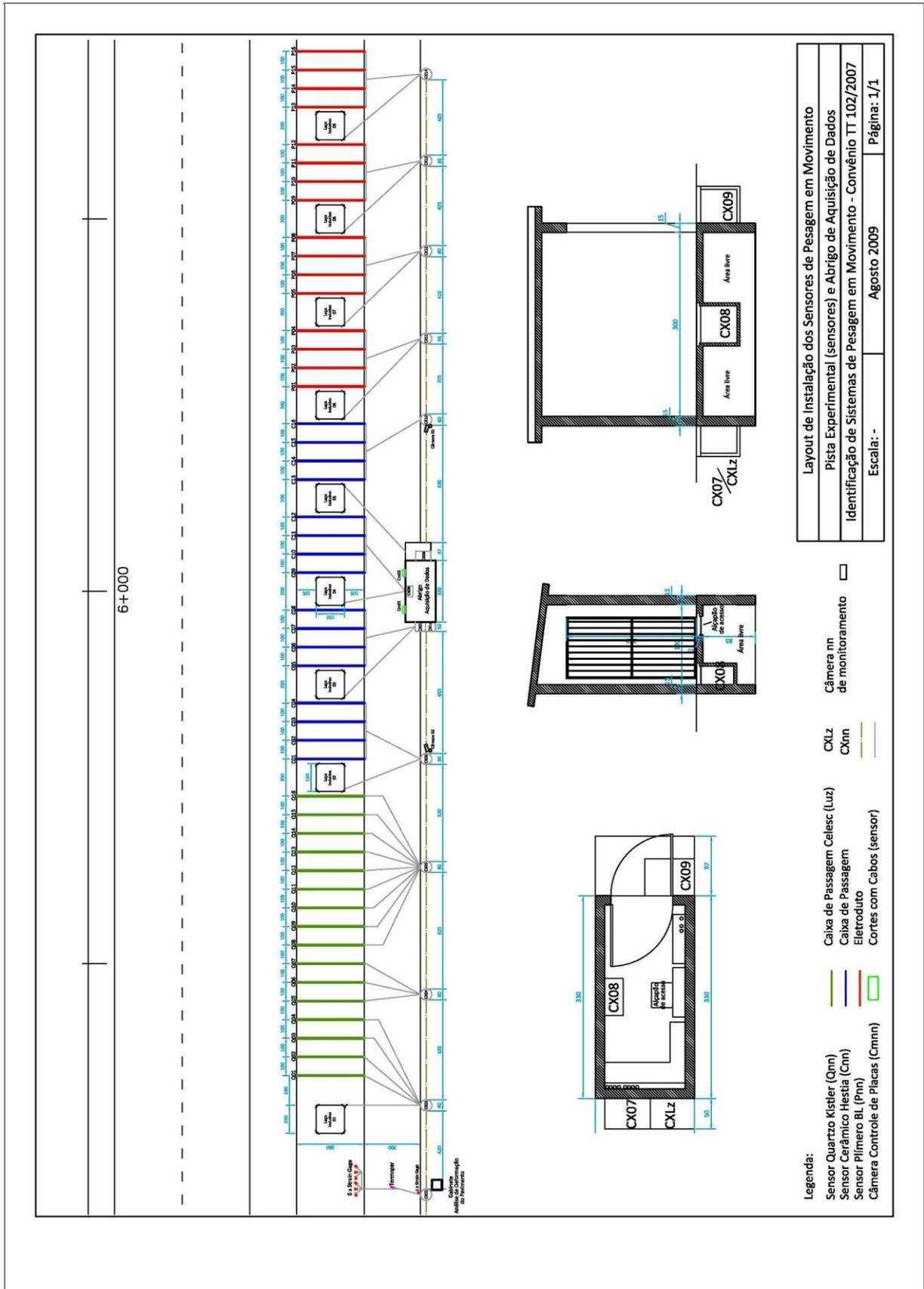


Figura A.1. – Layout das Instalações da Pista Experimental

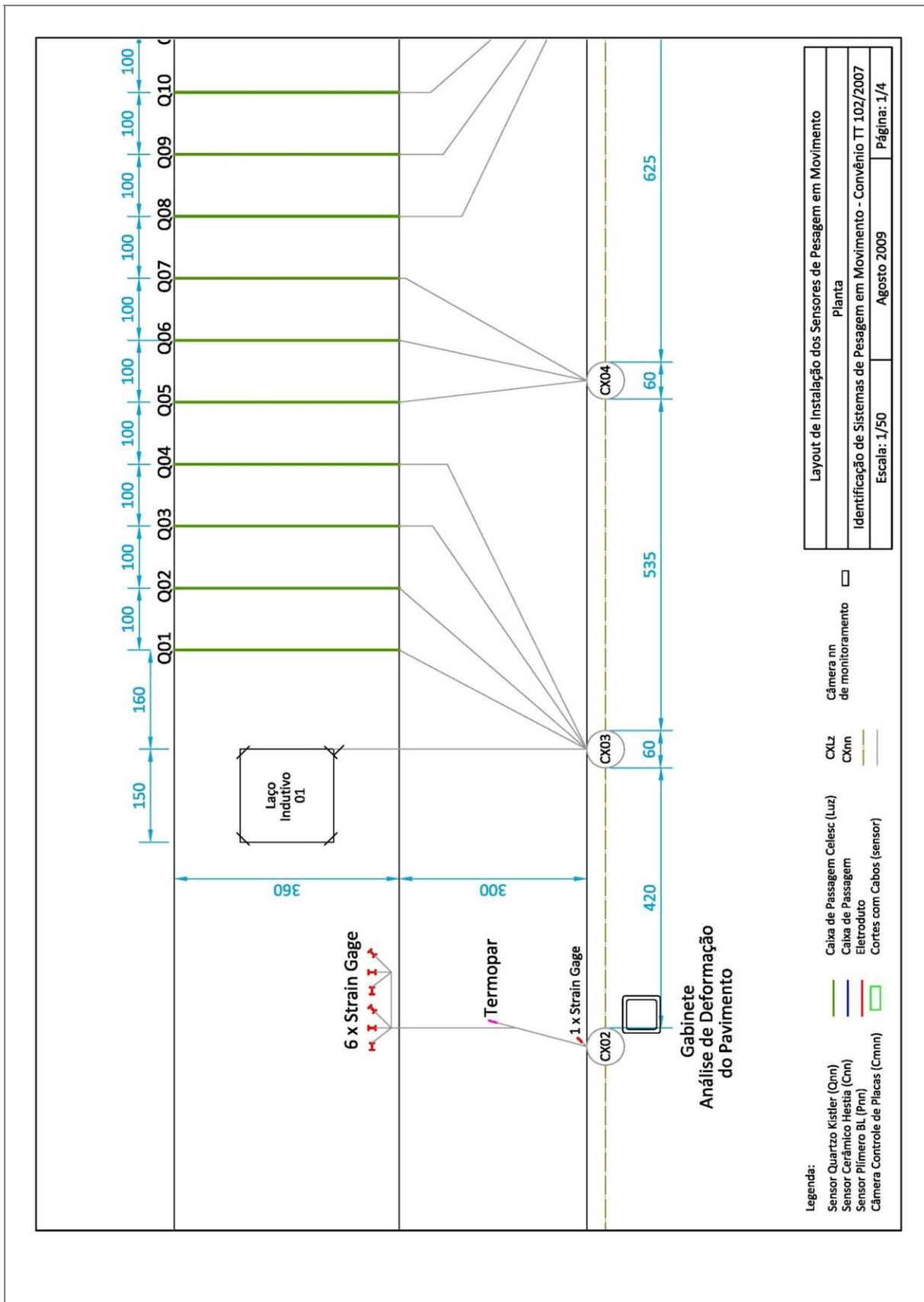


Figura A.2. – Planta 1/4 “as built” das Instalações

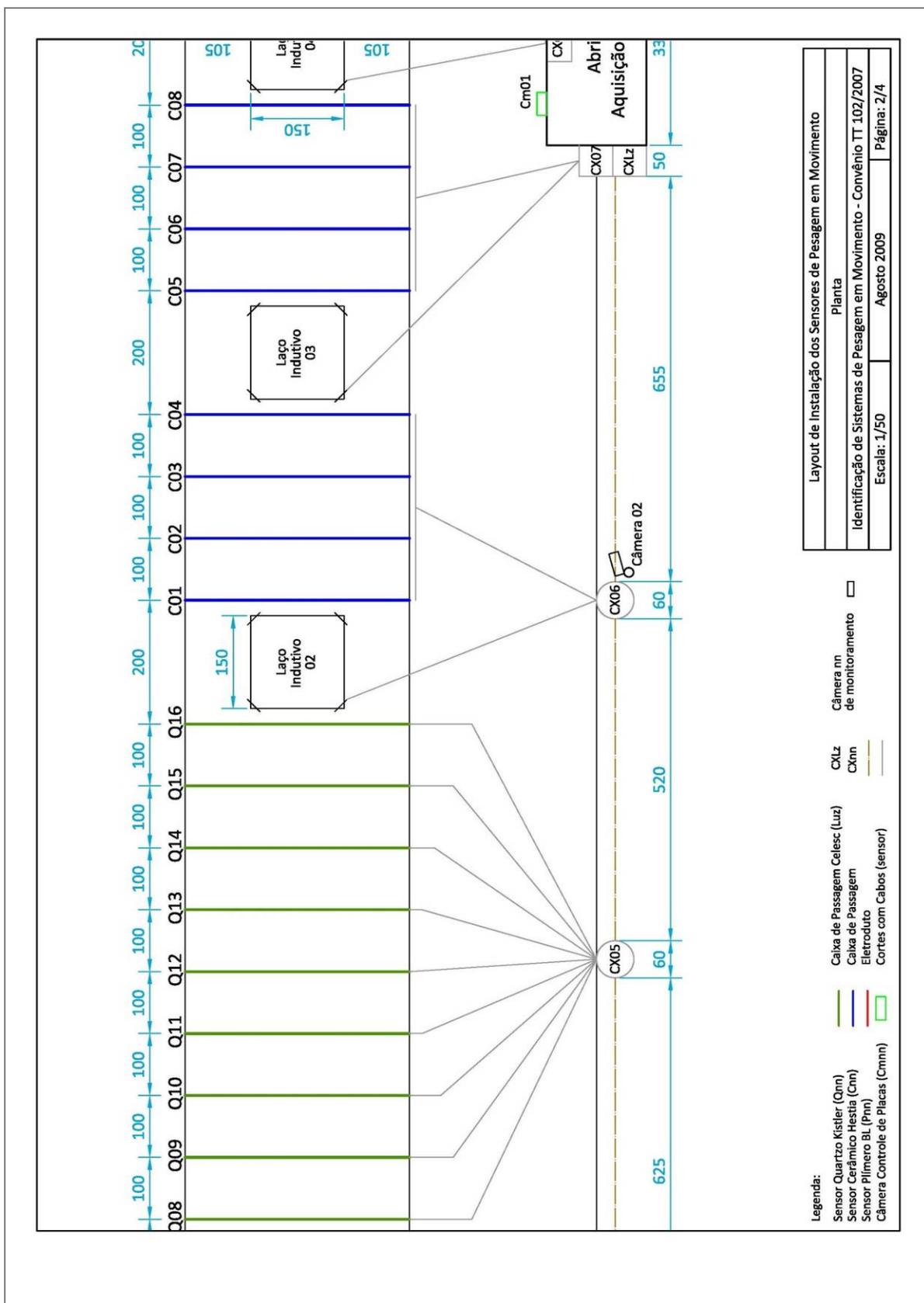


Figura A.3. – Planta 2/4 “as built” das Instalações

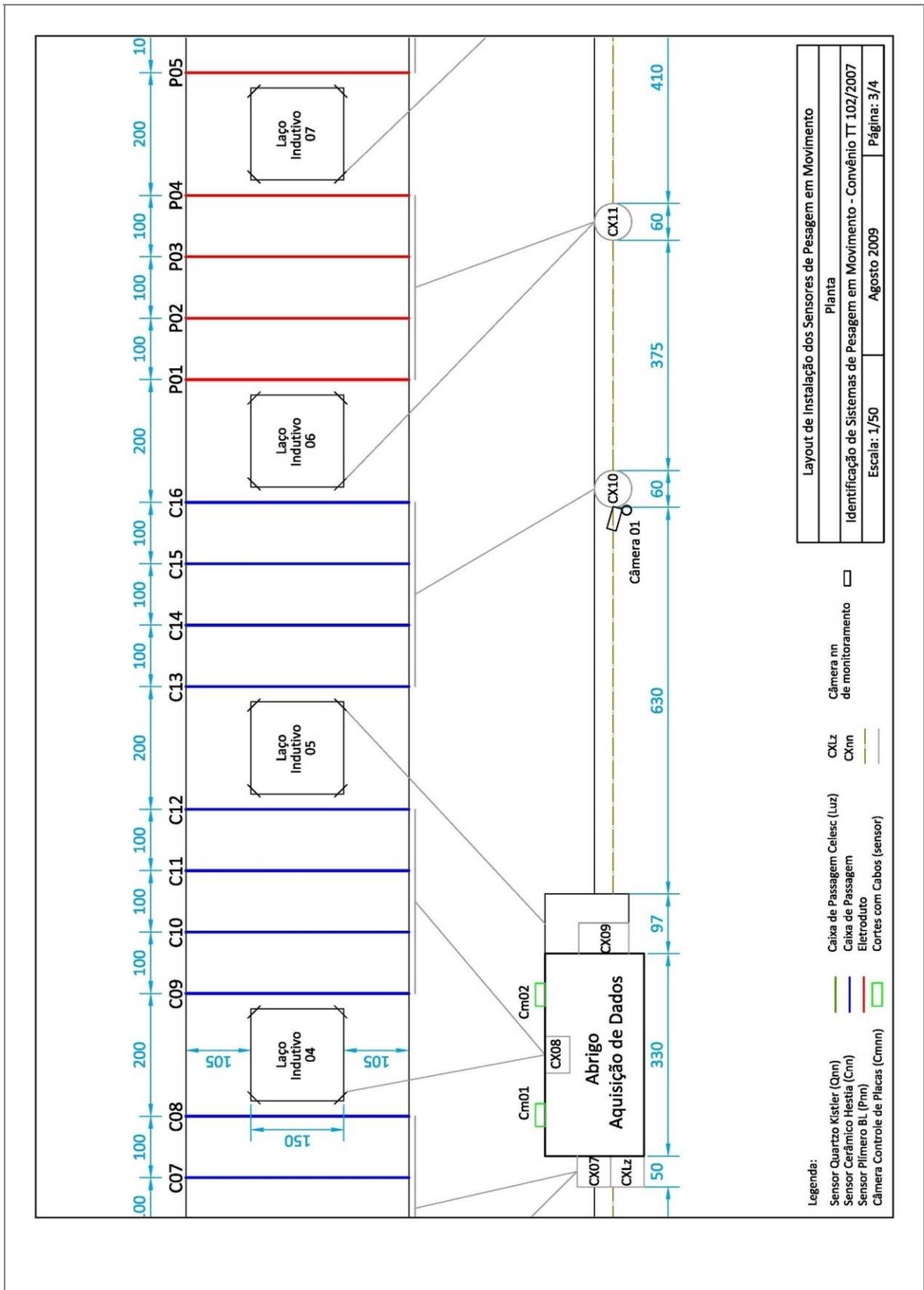
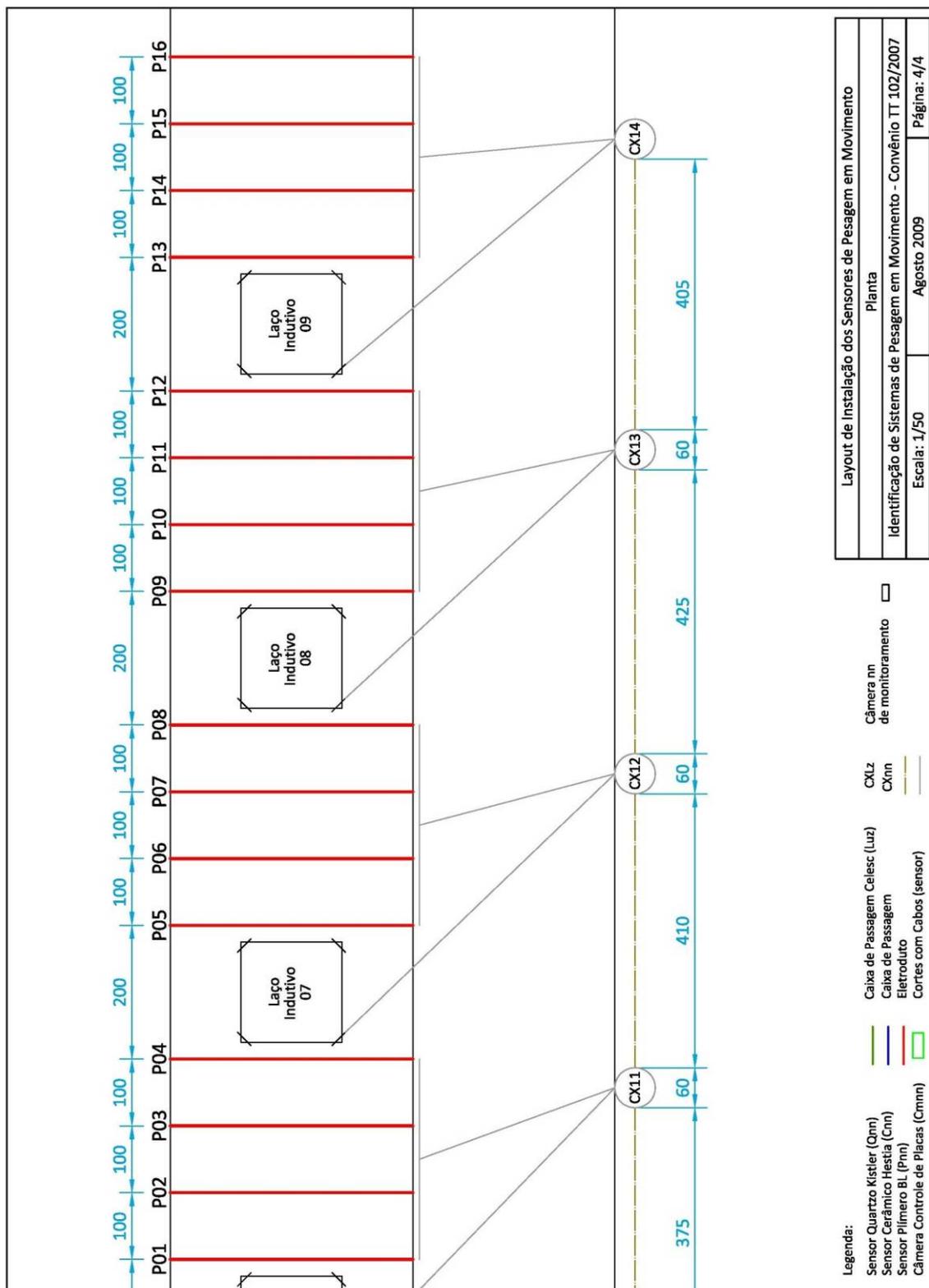


Figura A.1. – Planta 3/4 “as built” das Instalações



**ANEXO B – DADOS DE CALIBRAÇÃO DOS SENSORES
PIEZOELÉTRICO QUARTZO - KISTLER**

4E (esquerda)	4D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707476</p> <table border="0"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,697</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707476 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,697	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707463</p> <table border="0"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,728</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707463 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,728
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,697								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,728								
6E (esquerda)	6D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707472</p> <table border="0"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,723</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707472 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,723	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707464</p> <table border="0"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,717</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707464 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,717
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,723								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,717								

Figura B.1 - Dados de Calibração dos Sensores Kistler – Linhas 5 e 6

7E (esquerda)	7D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707474</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,692</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707474 Made in Switzerland</p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,692	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707478</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,707</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707478 Made in Switzerland</p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,707
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,692								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,707								
8E (esquerda)	8D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707471</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,719</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707471 Made in Switzerland</p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,719	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707480</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,709</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707480 Made in Switzerland</p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,709
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,719								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,709								
9E (esquerda)	9D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707477</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,694</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707477 Made in Switzerland</p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,694	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707457</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,688</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707457 Made in Switzerland</p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,688
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,694								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,688								

Figura B.2 - Dados de Calibração dos Sensores Kistler – Linhas 7, 8 e 9

10E (esquerda)	10D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707473</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,721</td> </tr> </table> <hr/>  <hr/> <p>Type 9195F411 SN 1707473 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,721	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707460</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,736</td> </tr> </table> <hr/>  <hr/> <p>Type 9195F411 SN 1707460 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,736
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,721								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,736								
11E (esquerda)	11D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707461</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,732</td> </tr> </table> <hr/>  <hr/> <p>Type 9195F411 SN 1707461 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,732	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707470</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,726</td> </tr> </table> <hr/>  <hr/> <p>Type 9195F411 SN 1707470 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,726
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,732								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,726								
12E (esquerda)	12D (direita)								
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707469</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,712</td> </tr> </table> <hr/>  <hr/> <p>Type 9195F411 SN 1707469 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,712	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707458</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN</td> <td>Empfindlichkeit Sensitivity pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,711</td> </tr> </table> <hr/>  <hr/> <p>Type 9195F411 SN 1707458 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N	0...150	-1,711
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,712								
Kalibrierter Bereich Calibrated Range kN	Empfindlichkeit Sensitivity pC/N								
0...150	-1,711								

Figura B.3 - Dados de Calibração dos Sensores Kistler – Linhas 10, 11 e 12

13E (esquerda)	13D (direita)																
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707467</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich</td> <td>Empfindlichkeit</td> </tr> <tr> <td>Calibrated Range</td> <td>Sensitivity</td> </tr> <tr> <td>kN</td> <td>pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,728</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707467 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit	Calibrated Range	Sensitivity	kN	pC/N	0...150	-1,728	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707455</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich</td> <td>Empfindlichkeit</td> </tr> <tr> <td>Calibrated Range</td> <td>Sensitivity</td> </tr> <tr> <td>kN</td> <td>pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,709</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707455 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit	Calibrated Range	Sensitivity	kN	pC/N	0...150	-1,709
Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit																
Calibrated Range	Sensitivity																
kN	pC/N																
0...150	-1,728																
Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit																
Calibrated Range	Sensitivity																
kN	pC/N																
0...150	-1,709																
14E (esquerda)	14D (direita)																
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707456</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich</td> <td>Empfindlichkeit</td> </tr> <tr> <td>Calibrated Range</td> <td>Sensitivity</td> </tr> <tr> <td>kN</td> <td>pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,693</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707456 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit	Calibrated Range	Sensitivity	kN	pC/N	0...150	-1,693	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707466</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich</td> <td>Empfindlichkeit</td> </tr> <tr> <td>Calibrated Range</td> <td>Sensitivity</td> </tr> <tr> <td>kN</td> <td>pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,728</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707466 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit	Calibrated Range	Sensitivity	kN	pC/N	0...150	-1,728
Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit																
Calibrated Range	Sensitivity																
kN	pC/N																
0...150	-1,693																
Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit																
Calibrated Range	Sensitivity																
kN	pC/N																
0...150	-1,728																
15E (esquerda)	15D (direita)																
<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707475</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich</td> <td>Empfindlichkeit</td> </tr> <tr> <td>Calibrated Range</td> <td>Sensitivity</td> </tr> <tr> <td>kN</td> <td>pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,697</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707475 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit	Calibrated Range	Sensitivity	kN	pC/N	0...150	-1,697	<p style="text-align: center;">KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN1707468</p> <table border="1"> <tr> <td>Kalibrierter Bereich</td> <td>Empfindlichkeit</td> </tr> <tr> <td>Calibrated Range</td> <td>Sensitivity</td> </tr> <tr> <td>kN</td> <td>pC/N</td> </tr> <tr> <td>0...150</td> <td>-1,723</td> </tr> </table>  <p>Type 9195F411 SN 1707468 <small>Made in Switzerland</small></p>	Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit	Calibrated Range	Sensitivity	kN	pC/N	0...150	-1,723
Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit																
Calibrated Range	Sensitivity																
kN	pC/N																
0...150	-1,697																
Kalibrierter Bereich	Empfindlichkeit																
Calibrated Range	Sensitivity																
kN	pC/N																
0...150	-1,723																

Figura B.4 - Dados de Calibração dos Sensores Kistler – Linhas 13, 14 e 15

16E (esquerda)	16D (direita)
<p>KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707479</p> <p>Kalibrierter Bereich Empfindlichkeit Calibrated Range Sensitivity kN pC/N</p> <p>0...150 -1,723</p>  <p>Type 9195F411 SN 1707479 <small>Made in Switzerland</small></p>	<p>KISTLER measure. analyze. innovate.</p> <p>Type 9195F411 SN 1707462</p> <p>Kalibrierter Bereich Empfindlichkeit Calibrated Range Sensitivity kN pC/N</p> <p>0...150 -1,702</p>  <p>Type 9195F411 SN 1707462 <small>Made in Switzerland</small></p>

Auft.-Nr.: 689263

KISTLER
measure. analyze. innovate.

5153A121



SN 1780225



13.02.09 kus

Country of Origin: CH

Figura B.5 - Dados de Calibração dos Sensores Kistler – Linha 16 e do Amplificador de Carga

**ANEXO C – DADOS DE CALIBRAÇÃO DOS SENSORES
PIEZOELÉTRICO POLÍMERO - BL TRAFFIC SENSOR.**

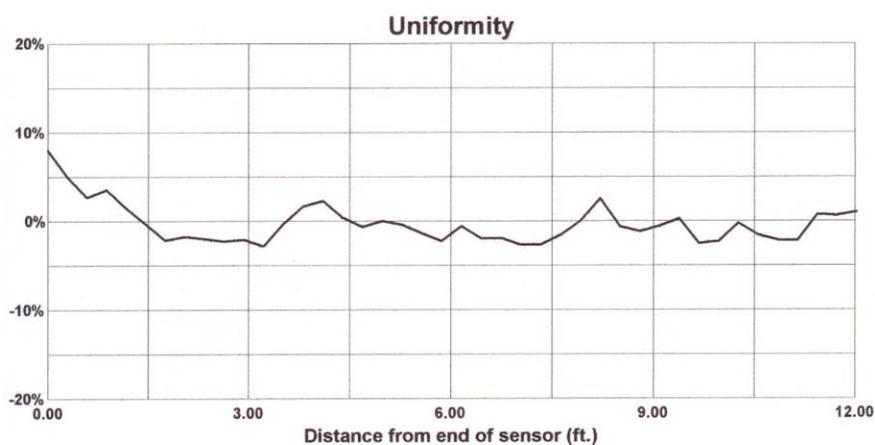


Figura C.1. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 1

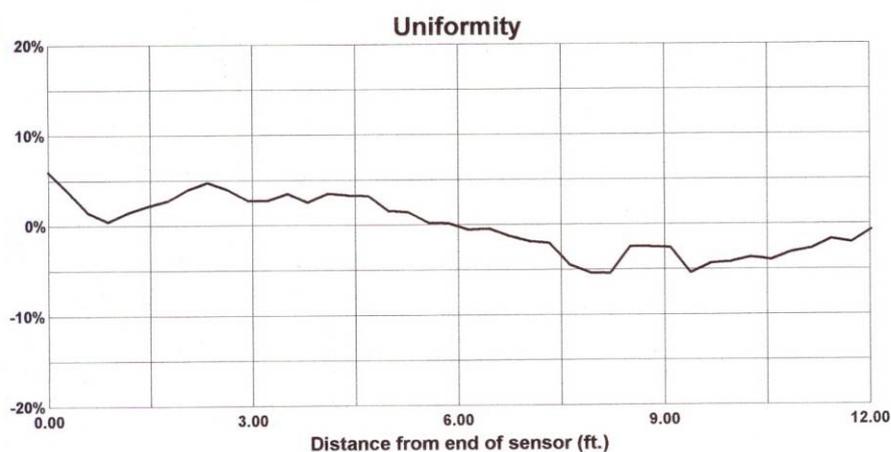


Figura C.2. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 2

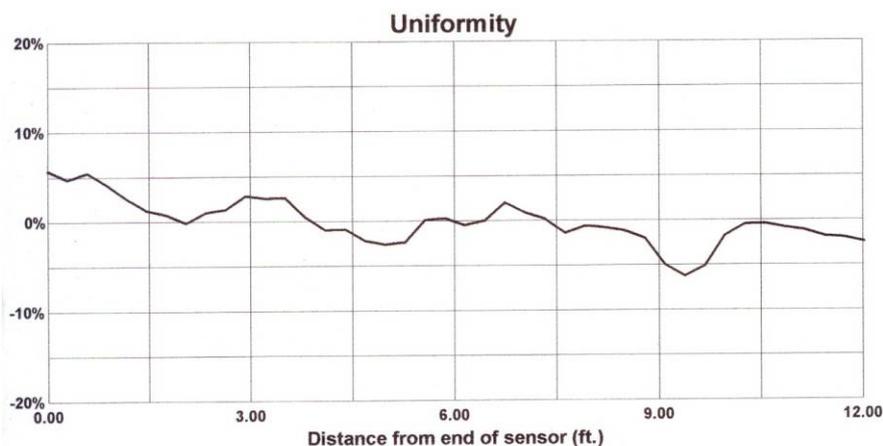


Figura C.3. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 3

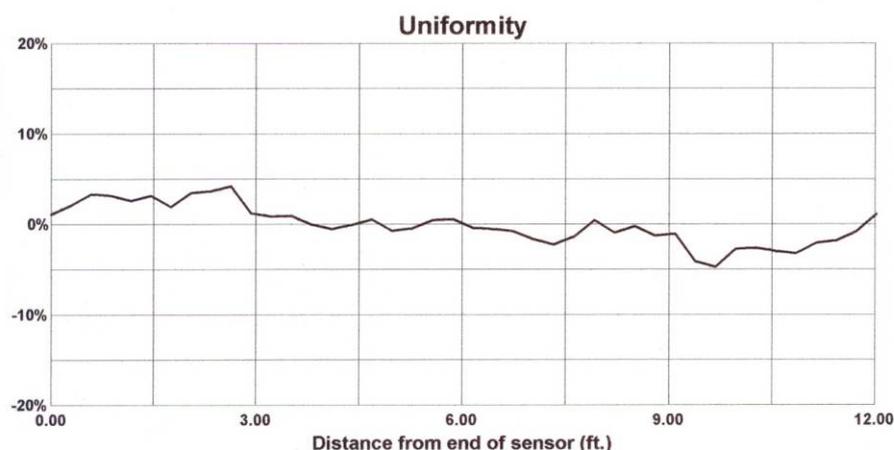


Figura C.4. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 4

<p>Date: 1/16/2009</p> <p>Serial #: JBL111614</p> <p>Sensor Length: 12 ft.</p> <p>Cable Length: 150 ft.</p> <p>Capacitance: 12.22 nF</p> <p>Dissipation: 0.0064</p> <p>Average Sensitivity: 46 pC/N</p>	 <p>BL Traffic Sensor</p>
---	--

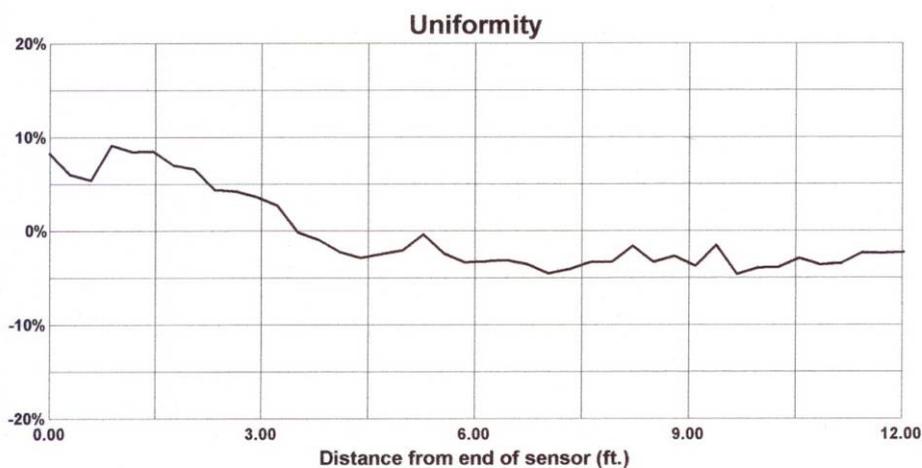


Figura C.5. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 5

<p>Date: 1/16/2009</p> <p>Serial #: JBL111621</p> <p>Sensor Length: 12 ft.</p> <p>Cable Length: 150 ft.</p> <p>Capacitance: 13.22 nF</p> <p>Dissipation: 0.0223</p> <p>Average Sensitivity: 61 pC/N</p>	 <p>BL Traffic Sensor</p>
---	--

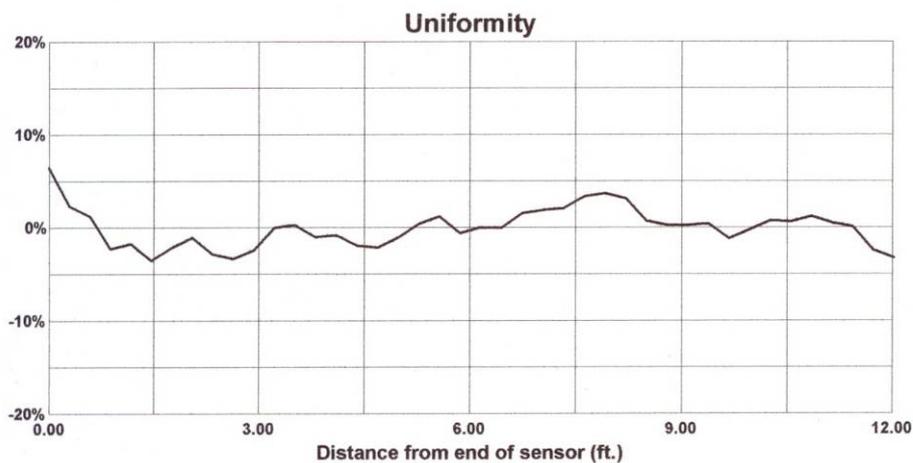


Figura C.6. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 6

<p>Date: 1/16/2009</p> <p>Serial #: JBL111622</p> <p>Sensor Length: 12 ft.</p> <p>Cable Length: 150 ft.</p> <p>Capacitance: 13.22 nF</p> <p>Dissipation: 0.0395</p> <p>Average Sensitivity: 58 pC/N</p>	 <p>BL Traffic Sensor</p>
---	--

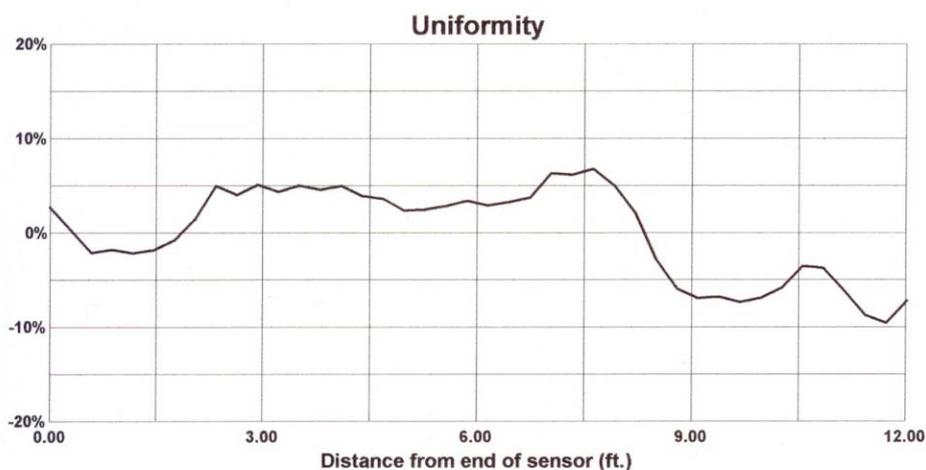


Figura C.7. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 7

<p>Date: 1/16/2009</p> <p>Serial #: JBL111617</p> <p>Sensor Length: 12 ft.</p> <p>Cable Length: 150 ft.</p> <p>Capacitance: 12.67 nF</p> <p>Dissipation: 0.0062</p> <p>Average Sensitivity: 58 pC/N</p>	 <p>BL Traffic Sensor</p>
---	--

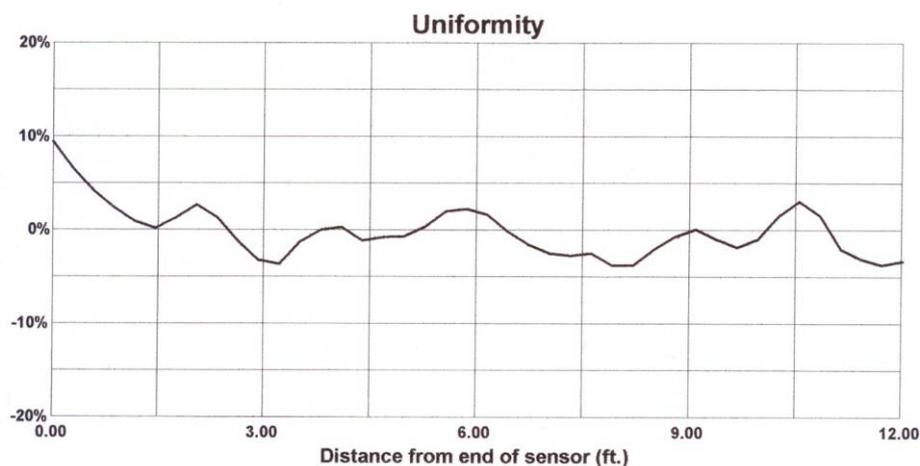


Figura C.8. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 8

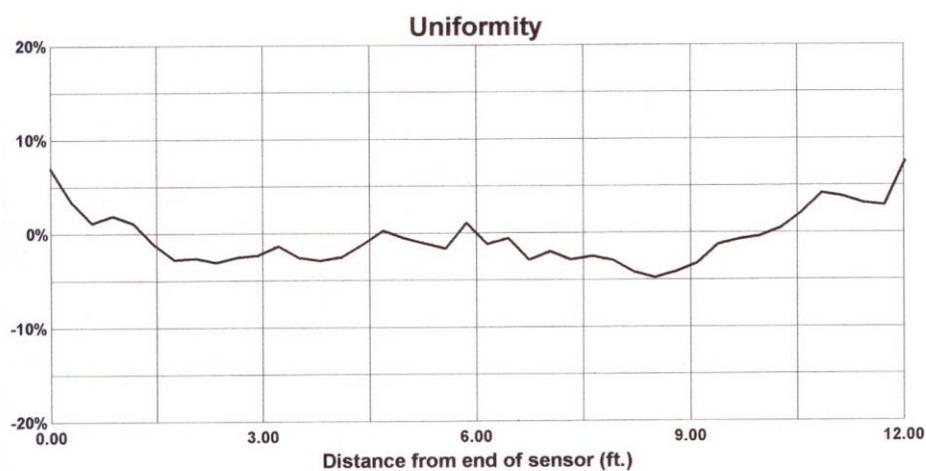


Figura C.9. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 9

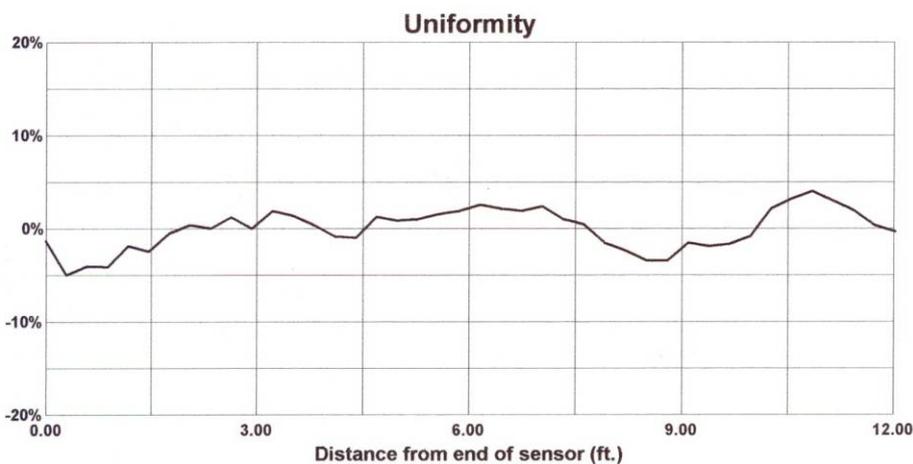


Figura C.10. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 10

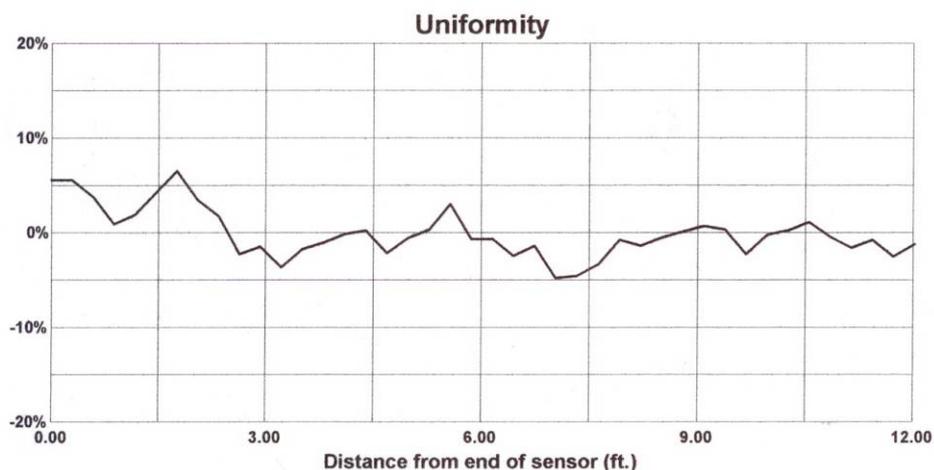


Figura C.11. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 11



Figura C.12. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 12

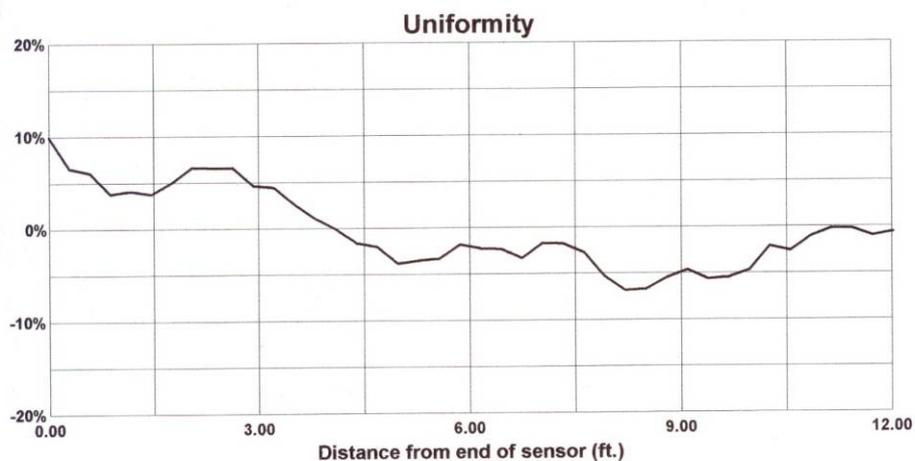


Figura C.13. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 13

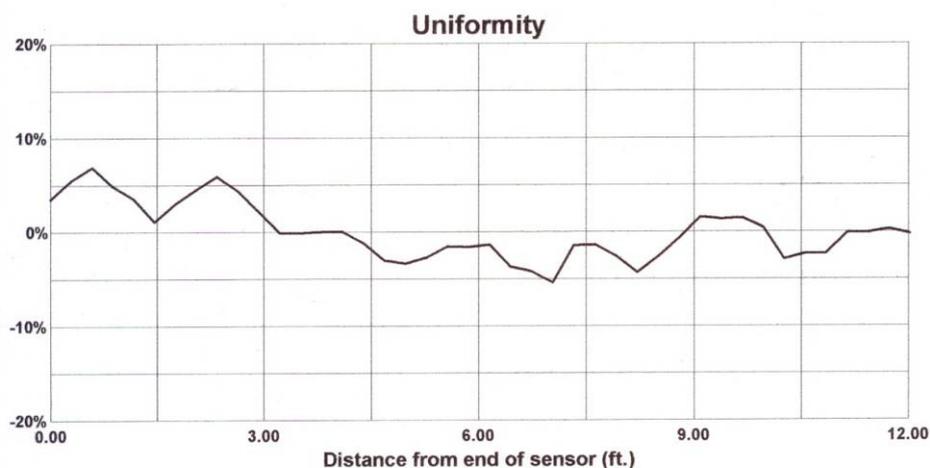


Figura C.14. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 14

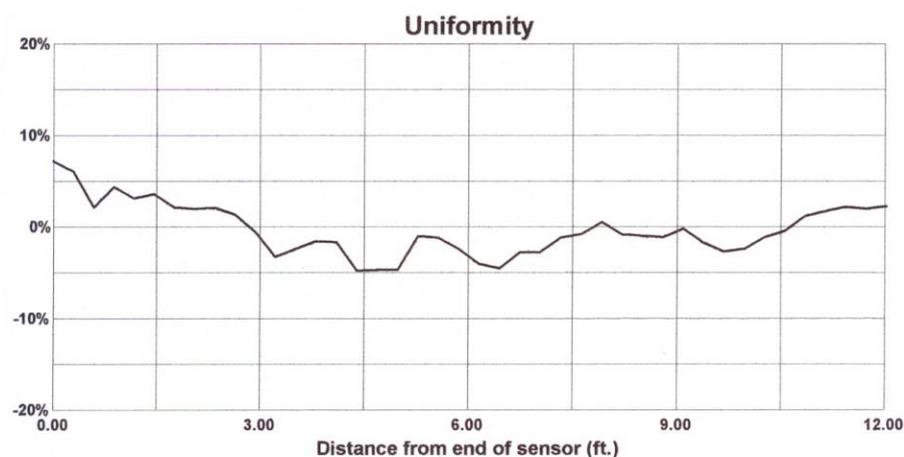


Figura C.15. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 15

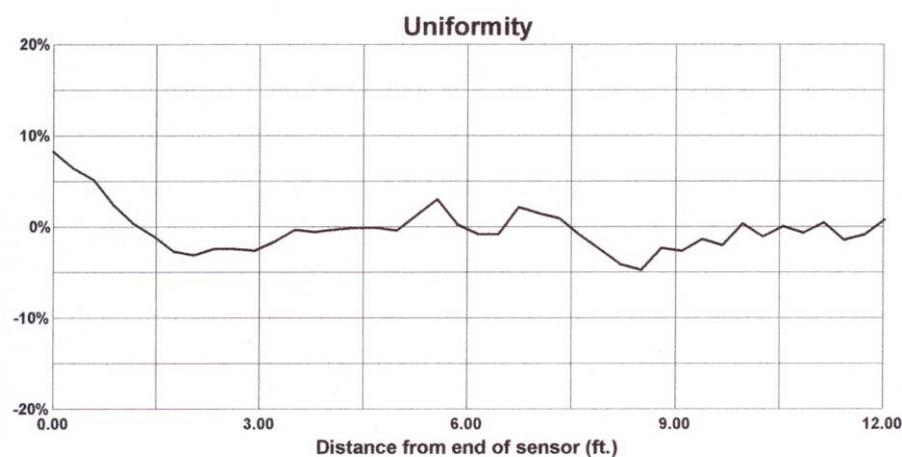
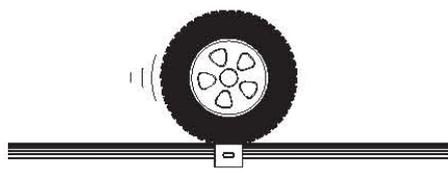


Figura C.16. Dados de Calibração do Sensor BL Traffic Sensor – linha 16

**ANEXO D – MANUAL DE INSTALAÇÃO DOS SENSORES
PIEZOELÉTRICO POLÍMERO - BL ROADTRAX TRAFFIC**

BL Roadtrax® Traffic Sensor Installation Instructions

measurement
SPECIALTIES



**Roadtrax® BL
Piezoelectric Axle Sensor**

Measurement Specialties, Inc.
1000 Lucas Way
Hampton, VA 23666
Phone: 757-766-4474 / Fax 757-766-3979
E-mail: piezo@meas-spec.com
www.meas-spec.com

These installation instructions for the Measurement Specialties Roadtrax® BL traffic sensor are intended to guide you in the correct installation procedures and should be followed closely.

Please note there may occasionally be local conditions and regulations that require modification, and that additional equipment may be needed for the installation of the inductive loops and any necessary off-road work. In these instances, please contact our technical assistance department at 757-766-4474

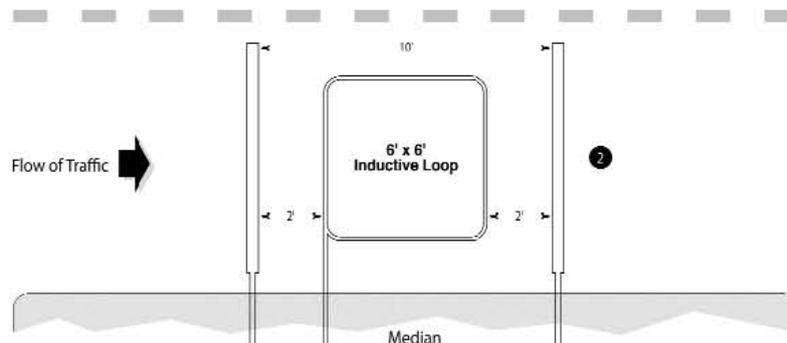
Prior to installation, please read the instructions completely and ensure that all required tools and equipment are available.

Required Tools and Equipment

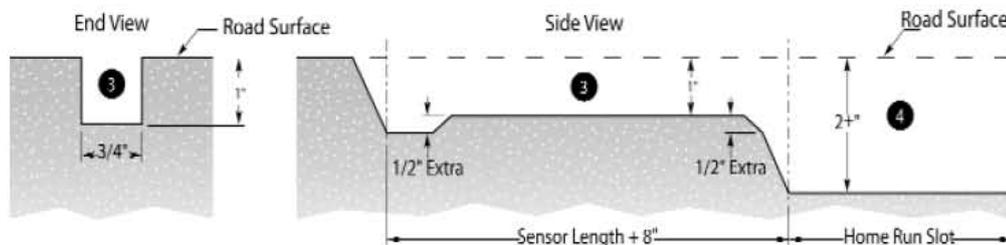
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Safety Equipment (as per local regulations) • BL Sensors with Installation Brackets (Note: Normal and wide installation brackets are included in the box) • Encapsulation Material (IRD AS475, ECM P6G, or Global Resin PU200) • Loop Sealant (<u>NO</u> hot tar) • PVC or Polyethylene Tubing (home run cables) • Materials for Inductive Loops (if installed) • Straight Edge (8' [2.5 m] minimum) • 20' (6 m) Tape Measure • Pavement Crayons & Pavement Paint • 1/8" (3 mm) Diameter Cord approximately 20' (6m) in length • 35hp Wet-Cutting Pavement Saw (self-propelled) • Diamond Blade (3/4" [20 mm] wide or equivalent) • Diamond blade (1/4" [7 mm] minimum, for Cutting Home Run Slots. | <ul style="list-style-type: none"> • Hammer & Masonry Chisels • Power Washer • > 500 gal. Water • Large Capacity Air Compressor (min 150 CFM) • Street Broom • Wire Brush • LCR Meter (BK 875A) • Steel Wool/Emery Pad • Alcohol with Lint-Free Cloth • 2" (50 mm) Duct Tape • Foam Backer Rod • Latex Gloves • Electrical Power or Generator • Low Speed Mixing Drill • 2 each mixing paddles • 3" (80 mm) or 4" (100 mm) wide PuttyKnife or Small Masonry Trowel • Angle Grinder with Masonry Wheel or Belt Sander • Wire Strippers • Needle Nose Pliers • Oscilloscope (recommended) |
|---|--|

Installation Instructions

- 1) Ensure that the road is safely closed, as per local regulations.
- 2) Using pavement crayons, paint, tape measure and cord, carefully mark the layout of the sensor installation. Ensure sensors are emplaced exactly perpendicular to the flow of traffic and that all lines are straight. Verify that the passive cable length is enough to reach the cabinet. **DO NOT SPLICE CABLE IF IT IS TOO SHORT.** Typical WIM/Classification site layout with 11' (3.5 m) sensors is shown below.

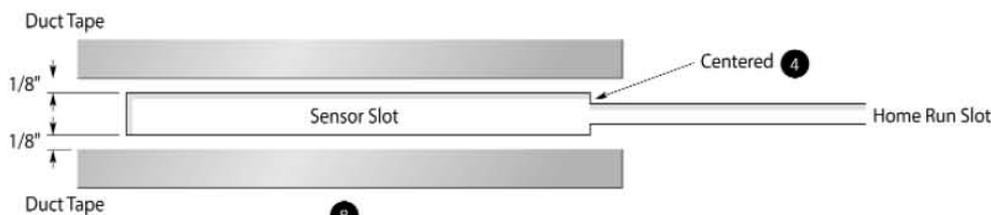


- 3) Using a 3/4" (20 mm) Diamond Blade, wet cut slot for sensor. Slot must be 3/4" (20 mm) wide ($\pm 1/16"$ or ± 2 mm) by 1" (25 mm) minimum deep. Cut slot 8" (200 mm) longer than sensor length (including lead attachment). Drop blade an extra 1/2" (12 mm) down on both ends. Repeat for all sensors.



- 4) Cut home run slots for BL sensors. Center the home run slot on the sensor slot. Home run slots are typically cut the depth of the loop home run slots. The minimum width of the slot needs to be 1/4" (6 mm). Cut it wider if you are using conduit or tubing.
- 5) Cut all inductive loops sets (if applicable) Note: If inductive loops and home run slots are being dry cut, dry cut these slots and clean the area before wet cutting the BL sensor slots.
- 6) Power wash and sweep all slots. All slots must be very clean.
- 7) Dry all slots with compressed air. All slots and the pavement 1' (300 mm) on either side must be completely dry.

8) Place duct tape along length of both sides of the sensor slot. Tape must be $1/8"$ (3 mm) away from the slot. Repeat for all sensors.



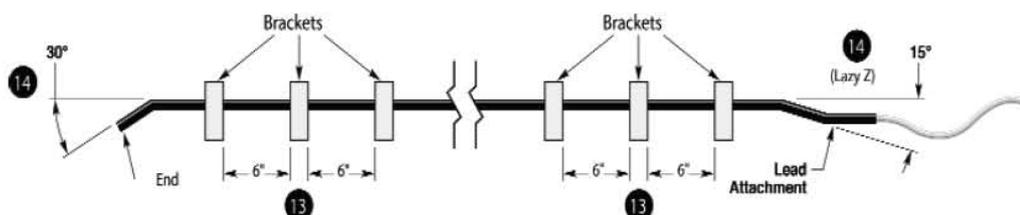
9) Remove BL sensor from box. Visually inspect sensor to ensure it is straight without any twists or curls. Check passive cable for bare wire. Check lead attachment for cracks or gaps. Look at data sheet to ensure the correct sensor is being installed, Class I versus Class II. Again, verify that there is sufficient passive cable to reach the cabinet.

10) Connect sensor up to LCR Meter. Test capacitance and dissipation factor. Test the resistance on the $20m\Omega$ setting. Capacitance should be within $\pm 20\%$ of the enclosed data sheet. Resistance should be $>20m\Omega$. Dissipation factor should be <0.04 . Record all results on the data sheet.

11) Place sensor on tape next to the slot. From this point forward, handle the sensor with latex (or equivalent) gloves.

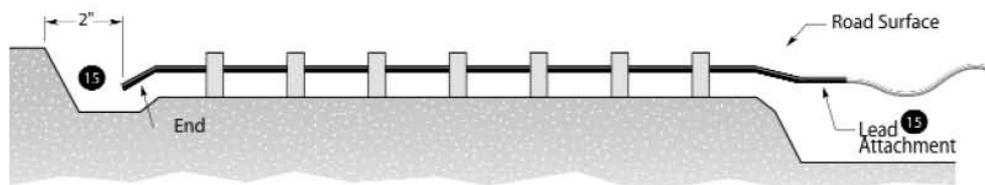
12) Clean sensor with steel wool or emery pad (Scotch Brite™). Wipe down with alcohol and clean lint-free cloth.

13) Place installation brackets on sensor every $6"$ (150 mm) for the length of the sensor, use the $3/4"$ (20 mm) (small) brackets.

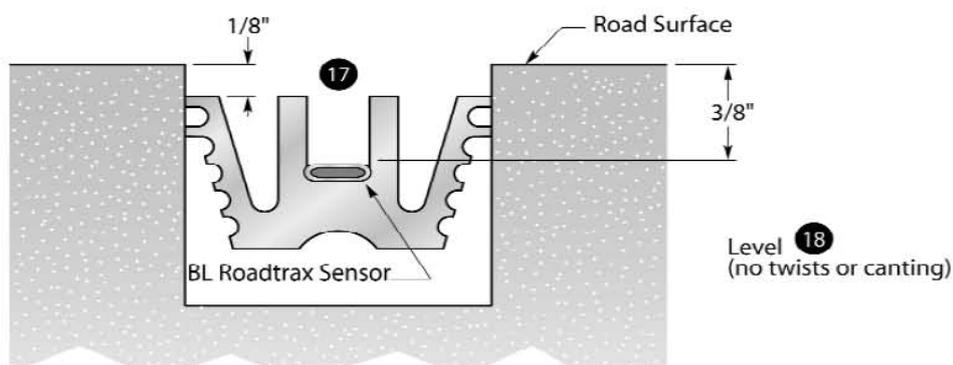


14) Bend the end of the sensor downward at a 30° angle. Bend the lead attachment end down at a 15° angle and then 15° back up until level (forming a lazy Z).

15) Emplace sensor in the slot in the road. The end of the sensor should be at least $2"$ (50 mm) from the end of the slot, and the tip should not touch the bottom of the slot. The lead attachment should also not touch the bottom or the sides of the slot.

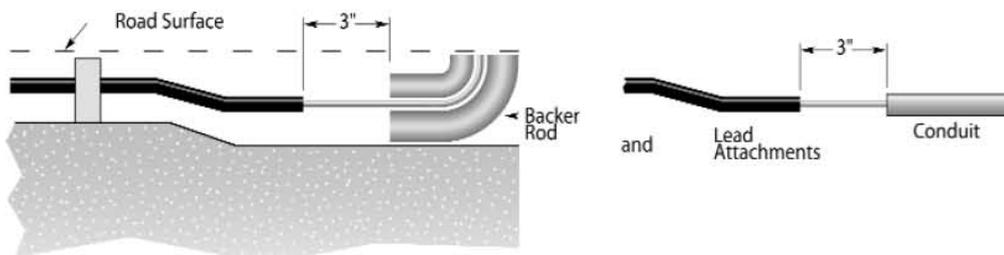


16) If any of the 3/4" (20 mm) (small) brackets do not fit snugly against the sides of the slot or are loose, replace with a 1" (25 mm) (large) bracket and repeat step 15.



17) Starting at the lead attachment end, position the sensor so that it is 3/8" (9 mm) below the surface of the road using the depth gage enclosed in the box. At this point, the installation bracket is 1/8" (3 mm) below the surface of the road.

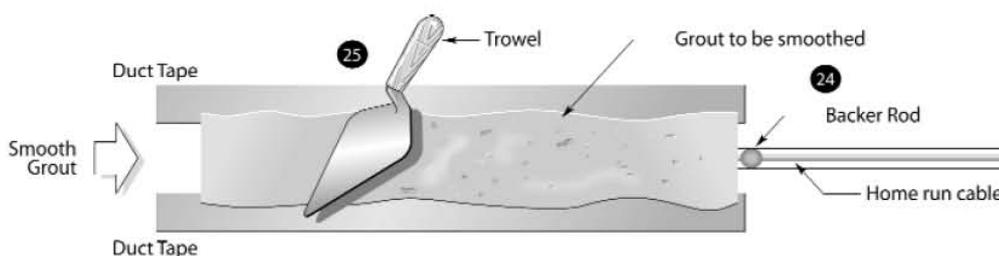
18) Visually inspect the length of the sensor to ensure it is at uniform depth along its length and it is level (not twisted, canted or bent).



19) Run the passive wire the length of the home run slot. 3" (75 mm) from the lead attachment, place foam backer rod under and over passive cable (inside the slot). This will keep the grout from running out into the deeper home run slot. If the passive cable is put in a conduit, also allow 3" (75 mm) between the lead attachment and the beginning of the conduit.

20) Repeat steps 9-18 for all BL sensors to be installed.

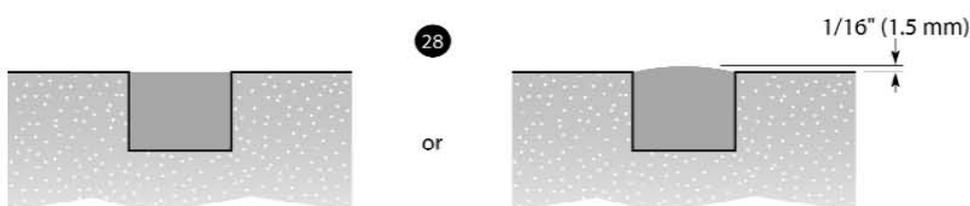
- 21) Emplace all inductive loops to site specifications (if applicable).
- 22) Using low speed mixing drill (450 rpm) and a mixing paddle, premix the grout for 2 minutes or until smooth.
- 23) Add hardener to grout and mix according to manufacturer's instructions.



24) Immediately pour grout into slot using a small bead. Using a small bead allows the installer to watch the grout flow under the sensor, eliminating air pockets. Start at the end and pour towards the lead attachment. Repeat until slot is completely full of grout. **DO NOT FILL SLOT IN ONE PASS.**

25) Using putty knife or trowel, lightly spread (feather) the grout smooth along the length of the slot. Resin should be slightly higher than tape as it will shrink while curing.

26) Remove tape as soon as grout begins to set (2-5 minutes, depending on grout type and ambient temperature).



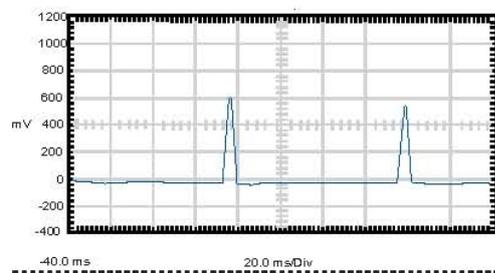
27) Remove backer rod from the slot. Fill in home run cable and inductive loops with loop sealant.

28) Once grout is cured, use an angle grinder or a belt sander to grind/sand the top of the grout flush with the surface.

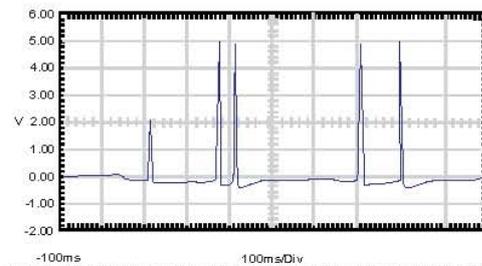
29) Wait allotted period to allow loop sealant and grout to fully cure (45 - 60 minutes) and then open the lane to traffic.

30) Hook up oscilloscope to sensors and view wave forms as vehicles pass. Ensure signal is clear without noise.

Example Waveforms



Car



5 Axle Truck

**ANEXO E – MANUAL DE INSTALAÇÃO DOS SENSORES
PIEZOELÉTRICO QUARTZO KISTLER**



Planning Manual

Planning of a WIM
(Weigh In Motion)
Station

Type 9195E

002-300e-07.04
(200-348e)

Foreword



Foreword

Information in this document is subject to change without notice. Kistler reserves the right to change or improve its products and make changes in the content without obligation to notify any person or organization of such changes or improvements.

© 2004, Kistler Instrumente AG. All rights reserved. Except as expressly provided herein, no part of this manual may be reproduced for any purpose without the express prior written consent of Kistler Instrumente AG.

Kistler Instrumente AG
Eulachstrasse 22
CH-8408 Winterthur
Switzerland
Tel. +41 52 224 11 11
Fax +41 52 224 14 14
info@kistler.com
www.kistler.com

Your competent distributor:

Content

1.	Introduction	3
2.	Precautions	4
3.	Why WIM Measurements?	5
4.	How does the Lineas [®] Sensor Measure?	6
4.1	Tire – Lineas [®] Interaction	6
5.	Signal Processing	8
5.1	Charge Amplifier	8
5.2	Digitizing the analog signal.....	9
5.3	Processor algorithm requirements for optimum weight estimation.....	10
5.4	Influence of Velocity.....	11
5.5	Electrical Connection	11
6.	Requirements to the Road.....	13
6.1	Summary	13
6.2	Pavement Characteristics	13
6.3	European Specification (COST 323)	14
6.4	US Specification (ASTM Standard E1318)	14
7.	Requirements to Hard- & Software	15
7.1	Electronics.....	15
7.2	Software	15
7.3	Facilities	16
8.	Typical Configuration of a WIM Station	17
8.1	Recommendation	17
8.2	Layout of a WIM Station	18
8.3	Spacing between Two Lineas [®] WIM Sensor Rows.....	23
9.	Installation of Lineas [®] Sensors	24
10.	Commissioning of a WIM Station.....	25
10.1	Mechanical and Electrical checking	25
10.2	Calibration	25
11.	Inspection and Maintenance	26
12.	Frequently Asked Questions (FAQ)	27
13.	Typical Installation Schedule.....	29
14.	Requirements for the Lineas [®] Installation	30
15.	Lineas [®] Documentation	31

Total pages: 31

Introduction

KISTLER
measure. analyze. innovate.

1. Introduction

We thank you for your interest in a Kistler quality product distinguished by technical innovation, precision and long life. Please take the time to thoroughly read this planning manual.

Kistler offers a wide range of products for use in measuring technology:

- Quartz crystal sensors for force, torque, strain, pressure, acceleration, shock, vibration and acoustic-emission
- Piezo resistive pressure sensors and transmitters
- Signal conditioners, indicators and calibrators
- Electronic control and monitoring systems as well as application-specific software for measuring technology

Kistler also develops and produces measuring solutions for the application fields engines, vehicles, manufacturing, plastics and biomechanics.

Our product and application brochures will provide you with an overview of our product range. Detailed data sheets are available for almost all products.

If you need additional help beyond what can be found either on-line or in this manual, please contact Kistler's extensive support organization.



Planning of a WIM Station Type 9195E

2. Precautions



- The installation of a WIM station is documented in the Kistler installation instructions doc. no. 002-301 (EVO6.9195E).
- For every WIM site a careful selection of the installation location is absolutely essential as the accuracy of the system strongly depends on the quality of the pavement and it's locality. Therefore refer to the requirements of COST 323 standard specification draft (<http://wim.zag.si>) and ASTM 1318-02 standard (<http://www.astm.org>).
- Rutting, bumps and pavement cracks will impair the system performance. Straight highways with uniform vehicle speed and perfect flat pavements are best suited to achieve the best results.
- Therefore the planning and preparation of the installation shall be done as early as possible, also in view to minimize the distance between sensors and electronics (for cable lengths see doc. no. 000-488).
- Lineas WIM installations must be performed by staff who have attended training and who have been certified by Kistler for Lineas installations. Kistler declines any warranty responsibility if these instructions are not followed.
- For every Lineas installation a Warranty Protocol needs to be completed and signed by the certified engineer and sent to Kistler or your distributor within 2 weeks of the installation.

Why WIM Measurements?



3. Why WIM Measurements?

WIM, Weigh In Motion, or dynamic weight measurements, are used for a wide area of applications. Some of the most important are

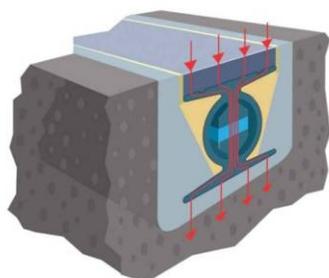
- **Statistics**
How many vehicles per hour, types of vehicles, empty or fully loaded, number of axles, classification, speed and spacing between vehicles.
- **Overload Detection**
Pre Selection
A WIM station a few kilometers upstream of the static scale monitors all vehicles. The overloaded trucks are then taken out of the traffic for inspection and static weighing.
Weight Enforcement
Law enforcement by means of high speed WIM which includes video/still cameras.
Bridge & Construction Protection
Preventing overweight vehicles from crossing a bridge of limited capacity. Can be combined with video/still cameras for law enforcement.
- **Toll Roads**
Measure vehicles for a weight-dependent toll. In future, the tolling will be based on the road user charge (weight-dependent) rather than by classification. A fully loaded truck therefore will be charged more than an empty truck, since a fully loaded truck uses the infrastructure to a much higher degree.
- **Road Research**
Research on the influence of traffic on pavements.
- **Pavement Management System**
Decision-making process designed to help authorities to prevent pavement problems through judicious maintenance, and to diagnose and repair damages in a timely, cost-effective manner.
It consists of a comprehensive database and historical information on pavement condition, structure and traffic, and is a set of tools that allows determination of existing and future pavement conditions, predict financial needs, and identify and prioritize pavement preservation projects.



Planning of a WIM Station Type 9195E

4. How does the Lineas® Sensor Measure?

A wheel rolling over a Lineas applies vertical forces to the quartz crystals in the sensor, with virtually no deformation. The piezoelectric quartz disks yield an electrical charge proportional to the applied forces. The piezoelectric sensitivity is practically independent of temperature, time and speed. The electric charge signals are converted by a charge amplifier into exactly proportional voltages which can be further processed as required.



The accuracy of the measured wheel load is not influenced by tire type, tire quantity or tire pressure. In case of dual tires, the Lineas measures one signal and expresses it as one wheel load, which is equal to the sum of both wheel loads.

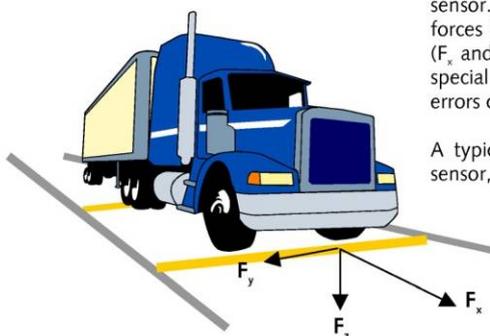
Truck or car tires with normal tread patterns won't affect the accuracy of the measurement.

Lineas sensor installed:

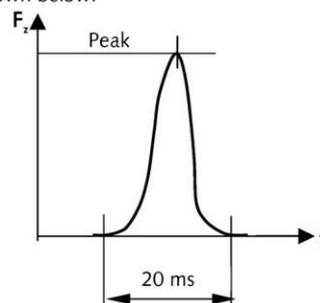
- red vertical force
- yellow special elastic material
- grey grouting compound
- dark grey aluminum profile
- blue quartz sensing elements
- black asphalt or concrete

4.1 Tire – Lineas® Interaction

As a tire passes over the Lineas sensor, it generates horizontal, vertical and lateral forces between tire and sensor. Due to the special sensor design, only vertical forces (F_z) are measured. Lateral and horizontal side forces (F_x and F_y), between road and sensor, are decoupled by a special elastic material around the sensor. There are no errors caused by volume effects.



A typical truck tire force signal, as sensed by the Lineas sensor, is shown below:



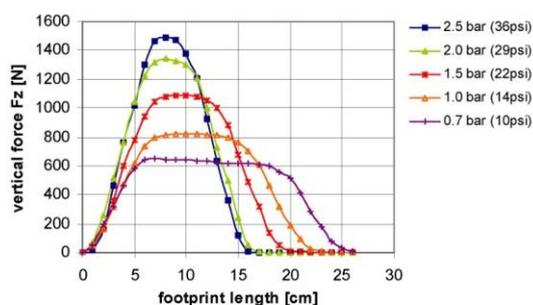
Wheel load 45 000 N
 Velocity 80 km/h
 Inflation pressure 8 bar

How does the Lineas® Sensor Measure?



The maximum of the force (= peak) doesn't express the wheel load, because the Lineas-sensor is only partially covered by the tire!

The typical force signals of a car tire with different inflation pressures is shown left. The footprint length is calculated by multiplying velocity by sensing time. The area under the curve is constant (and proportional to the wheel load), while peak and footprint length depend on the tire pressure.

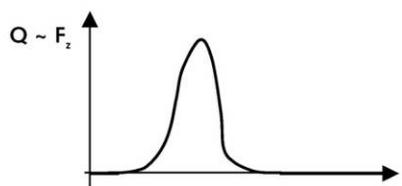
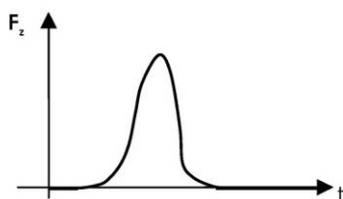


Wheel load 4 500 N
Tire pressure from 0,7 bar (10 psi) to 2,5 bar (36 psi)

Due to the use of piezoelectric quartz measuring elements, the output of the Lineas sensor is an electrical charge (Q), which is proportional to the applied vertical force F_z and which is irrespective of the position of the wheel along the length of the sensor. The typical sensitivity of a Lineas sensor is 1,76 pC/N.

Applied force onto sensor

Charge output signal of Lineas

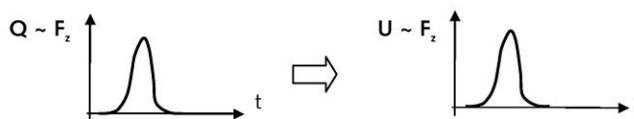


5. Signal Processing

5.1 Charge Amplifier

The charge amplifier converts and amplifies the force dependent charge input into a force dependent voltage output. The range of the charge amplifier is typically 60 000 pC/5 V.

Sensitivity at the output of the charge amplifier =	$\frac{1,8 \text{ pC}}{\text{N}} \times \frac{5 \text{ V}}{60\,000 \text{ pC}} = 0,15 \text{ mV/N}$
---	---



Charge output of Lineas

Voltage output of charge amplifier

- analog voltage with ±5 V volt full-scale output limits
- nominal zero volt output @ zero load
- axle pass over the sensor produces a positive pulse

Dimension example:

Truck Tire: inflation pressure = 12 bar (174 psi)
 tire width = 0,35 m (13,8 in)

*Due to the fact that the sensor is partially covered by the tire, the peak may be **approximated** by the inflation pressure*:*

Force	=	inflation pressure	x	tire width	x	sensor width	
Force	≈	12 bar (174 psi)	x	0,35 m (13,8 in)	x	0,053 m (2,1 in)	≈ 2,3 kN
Voltage	=	force	x	sensitivity Lineas	x	range amplifier	
Voltage	≈	22 300 N	x	1,8 pC/N	x	5 V / 60 000 pC	≈ 3,34 V

* The real measured force (and voltage) is higher, due to additional tire dependent sidewall forces.

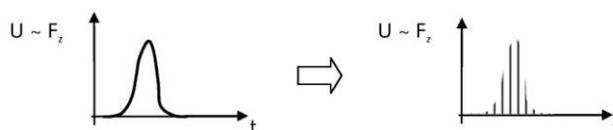
Practically: A 9 t (20 000 lbs) axle produces a pulse peak of about 3,5 volts.

Signal Processing



5.2 Digitizing the analog signal

≥12-bit ADC resolution over ±5 V volt range
 Analog anti-aliasing filter (before the ADC) with ≈600 Hz low-pass cutoff



The sampling rate can be approximated by the following formula:

$$\text{Sampling rate} = \frac{\text{velocity (m/s)} \times \text{min. of measured points}}{\text{footprint length}}$$

The minimum of measured points means the minimum quantity of sampling points per signal, to approximate the original force signal without losing information, it should never fall below 10 to 20, even under best conditions.

Examples:

Truck Tire

velocity 80 km/h =
22,2 m/s (50 mph)

number of measured points per curve 20

footprint length 0,4 m

$$\text{Sampling rate} = \frac{22,2 \text{ m/s} \times 20}{0,4 \text{ m}} = 1111 \text{ Hz}$$

High inflated car tire

velocity 150 km/h =
41,6 m/s (93 mph)

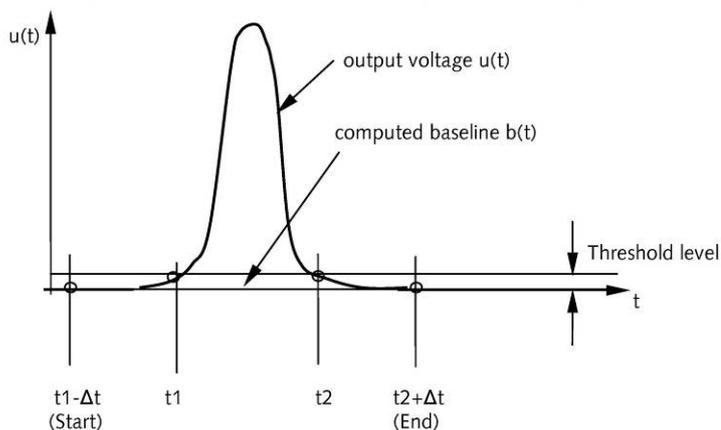
number of measured points per curve 10

footprint length 0,15 m

$$\text{Sampling rate} = \frac{41,6 \text{ m/s} \times 10}{0,15 \text{ m}} = 2778 \text{ Hz}$$

Practically: 2 000 preferred

5.3 Processor algorithm requirements for optimum weight estimation



- define a threshold level so as to trigger at points $t1$ and $t2$
- define a Δt such that $t1-\Delta t =$ start point and $t2+\Delta t =$ end point of signal processing
- compute area under sensor output curve between start point and end point

Area is between output voltage $u(t)$ and baseline $b(t)$, where baseline is a straight line between start and end point:

$$\text{Area} = \int [u(t) - b(t)] \quad \text{or, for the digitized signal:}$$

$$\text{Area} = \sum [u_i - b_i] \quad \text{where the } i\text{'s are sample numbers from start to end}$$

Wheel load (W) is the product of area (A), vehicle velocity (V), sensor width (L_s) and a calibration constant (C):

Wheel load	$W = (V / L_s) \times A \times C$
------------	-----------------------------------

Calibration constant C is determined by test with known-weight vehicle(s) and is held thereafter as a constant for use in weight estimation of any and all subsequent vehicles.

No compensation algorithms are required for temperature effects, velocity effects or aging effects (because, for Lineas, there are none, except for the velocity multiplication step as shown above).

Signal Processing

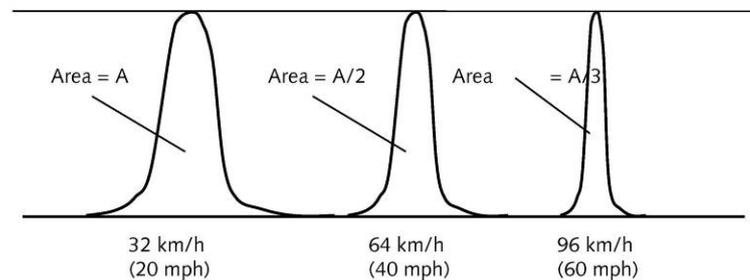
KISTLER
 measure. analyze. innovate.

5.4 Influence of Velocity

Velocity can be determined from WIM-strip separation (a known distance) for each lane.

For optimized vehicle classification, velocity should be measured by inductive loops to get the real vehicle lengths.

Accurate velocity measurement is essential as it directly affects the accuracy of weight estimation!



The same wheel load of the same vehicle, when traversing a Linesas at 32 (20), 64 (40) and 96 km/h (60 mph), will produce pulses as shown above.

The pulses will be identical in peak value, but will become "narrowed" in time as velocity increases.

Multiplying the area of each case above by the associated velocity will produce a result that is identical for all three cases (or for any other velocity encountered).

The resultant Velocity x Area is now proportional only to actual wheel load. The constant of the proportion is the calibration constant "C", which is determined by test with known-weight vehicles.

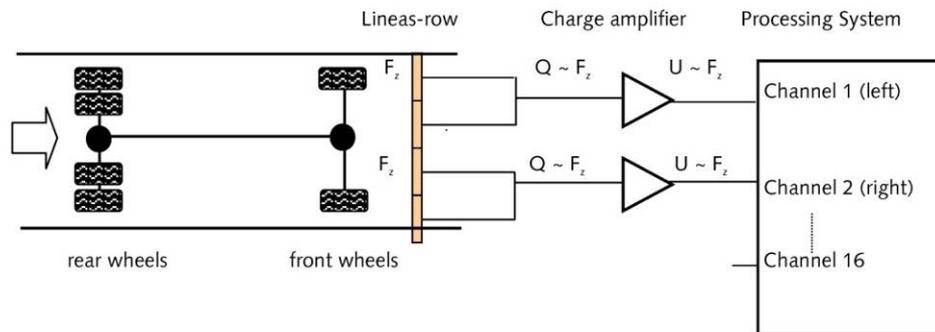
5.5 Electrical Connection

The Linesas sensors are available in lengths of 0,75 m (29,5 in) and 1m (39,4 in). The sensors can be combined to cover the full width of a lane or of a road. Typically, 4 Linesas cover one lane. 2 Linesas sensors are typically connected in parallel as one channel prior to the charge amplifier. This kind of connection allows separate measurements of left and right wheel loads.

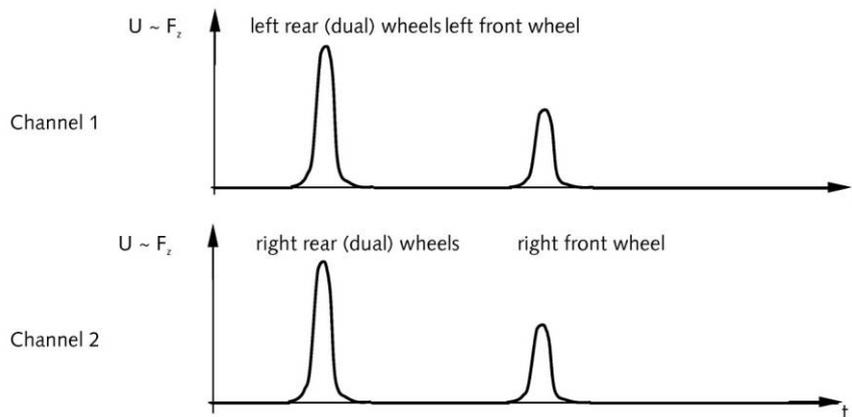
In case of dual tires, the output signal of the connected Linesas sensors equals the sum of the dual tires loads.



Planning of a WIM Station Type 9195E



Voltage signals at the output of the charge amplifier:



In the special case that all 4 Lineas in one row have to be paralleled, the range of the charge amplifier should be increased to 100 000 pC/5 V.

Requirements to the Road

KISTLER
measure. analyze. innovate.

6. Requirements to the Road

6.1 Summary

Kistler requirements towards a Lineas installation: The pavement must not have rutting or deformations exceeding 4 mm over the whole lane width. Each 40 cm before and after the sensors the unevenness of the pavement must not exceed 1 to 2 mm.

In order to get high quality data, the following criteria must be met:

- Class 1 (excellent) according to COST 323 (ASTM 1318)
- Quasi static and dynamic deflection is minimal
- Minimum ruts
- Pavement is even (IRI Index)

6.2 Pavement Characteristics

The main characteristics of a road, that are important, are the surface condition, road materials, road thickness, latitudinal and longitudinal slope, road curvature, rutting and cracking.

Therefore not only the longitudinal evenness but also the deteriorations (such as rutting, deformation, cracking etc.) limit the accuracy of a measurement, and may reduce the WIM sensor durability or affect its response. The deflection and the transverse evenness may also affect the reliability and durability of the sensors.

6.3 European Specification (COST 323)

It is strongly recommended that the road section between 50 m upstream and 25 m downstream of the system meets the following geometric characteristics:

- Longitudinal slope <1 % (class I site) or <2 % (other site classes), depending on the site class and as far as possible must be constant
- Transverse slope <3 %
Radius of curvature >1000 m (however a straight road would be preferred).

WIM site classes			Excellent	Good	Acceptable
Deflection (quasi-static measured) (130 kN – axle)	Semi-rigid Pavements	Mean deflection (10 ² mm) Left/right difference (10 ² mm)	≤15 ±3	≤20 ±5	≤30 ±10
	All bitumen pavements	Mean deflection (10 ² mm) Left/right difference (10 ² mm)	≤20 ±4	≤35 ±8	≤50 ±12
	Flexible pavements	Mean deflection (10 ² mm) Left/right difference (10 ² mm)	≤30 ±7	≤50 ±10	≤75 ±15
Deflection (dynamic) (130 kN – axle)	Semi-rigid Pavements	Mean deflection (10 ² mm) Left/right difference (10 ² mm)	≤10 ±2	≤15 ±4	≤20 ±7
	All bitumen pavements	Mean deflection (10 ² mm) Left/right difference (10 ² mm)	≤15 ±3	≤25 ±6	≤35 ±9
	Flexible pavements	Mean deflection (10 ² mm) Left/right difference (10 ² mm)	≤20 ±5	≤35 ±7	≤55 ±10
Rutting (3m – beam)		Rut depth max. (mm)	≤4	≤7	≤10
Evenness	IRI index	Index (m/km)	0 – 1,3	1,3 – 2,6	2,6 – 4
	APL	Rating (SW,MW,LW)	9 – 10	7 – 8	6

6.4 US Specification (ASTM Standard E1318)

ASTM Standard (E1318-02) for geometric design requirements

Characteristics	Type I	Type II	Type III	Type IV
Horizontal curvature	Radius ≥1740 m 46 m before/after			
Roadway grade	≤2 % 46 m before/after	≤2 % 46 m before/after	≤2 % 46 m before/after	≤1 % 91 m before/after
Cross slope (lateral)	≤2 % 46 m before/after	≤2 % 46 m before/after	≤2 % 46 m before/after	≤1 % 46 m before/after
Lane width	3 to 4,5 m 46 m before/after			

Requirements to Hard- & Software



7. Requirements to Hard- & Software

7.1 Electronics

Accuracy

Each type of WIM electronics must be capable of performing the indicated functions within the accuracy class with respect to the application, shown in the ASTM (Type I – IV) and European standards (classes A5 – D25).

Temperature range

All electronic devices and components used must be able to operate in the temperature range $-28\text{ }^{\circ}\text{C}/+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ASTM) or $-20\text{ }^{\circ}\text{C}/+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ (EU). The stated accuracy should be maintained for ambient air temperatures at the WIM site!

Humidity

Relative humidity in the range of 0 to 90 % (not condensing) must be supported. Special conditions in tropical countries must be checked from site to site before planning.

Lightning, electrical and magnetic field

The electronics must be protected against lightning as well as against any external electrical or magnetic fields.

High voltage, power line

It is recommended that systems should not be installed under high voltage power lines, or close to radio transmitting and railway tracks.

7.2 Software

The WIM software should record at least the following information:

- Wheel load
- Axle load
- Axle group load
- Gross vehicle weight
- Speed
- Center-to-center spacing between axles
- Vehicle Class (via axle arrangement – distance)*
- Site identification code
- Lane and direction of travel
- Date and time of passage
- Sequential vehicle record number
- Wheelbase (front-most to rear-most axle)
- Vehicle length
- Violation code

* Classification scheme – nearly every country, state or road administration has a preferred classification scheme for vehicles in its area of operation or responsibility.

According to the product being used, one or many of these schemes will be provided in the WIM equipment.

7.3 Facilities

The availability of some additional facilities on the WIM site is generally recommended.

- Electricity supply for WIM system operation
- Communication link (such as telephone line or other) to connect the WIM station if it is to be remotely monitored and for data collection
- Roadside cabinet to protect the WIM station against environment, vandalism etc.
- For calibration and testing purposes, it is recommended to have a static weighing area or a static scale close to the WIM site. A preferable site should allow for a reasonable run time for a calibration or test vehicle to perform a complete loop of the WIM site
- For maintenance works and checking of the WIM station it is recommended to have a parking lot close to the system
- It is important to avoid any overpass (aerodynamic effects) or bridge approach (poor evenness)

It is **not** recommended to install road sensors on a bridge (without research reasons) or on any structure subject to dynamic effects.

Typical Configuration of a WIM Station

KISTLER
measure. analyze. innovate.

8. Typical Configuration of a WIM Station

8.1 Recommendation

A complete installation consists of a total of 8 Linesas sensors, 2 rows of each four sensors, per traffic lane.

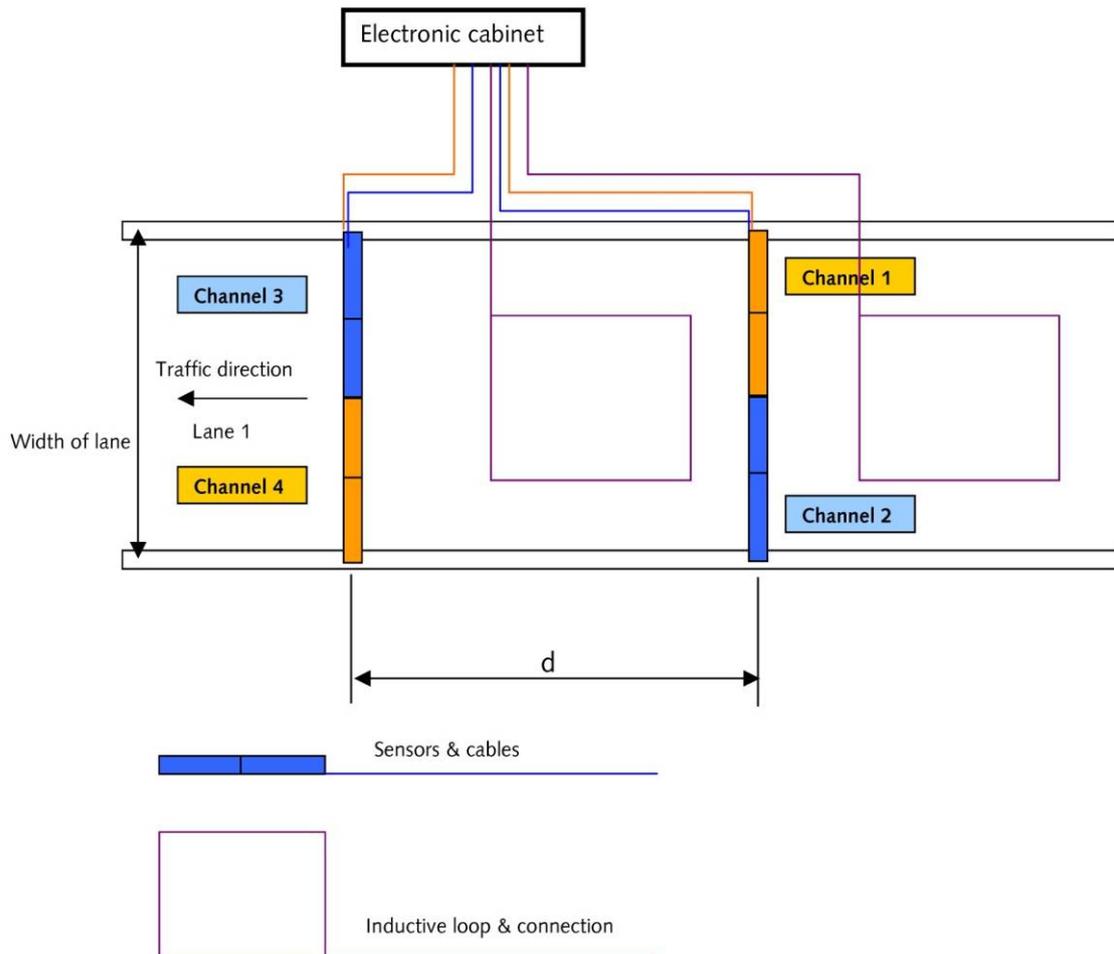
Advantages:

- All information about the vehicle
- With two rows of 4 measuring channels (see Figures at page 18 to 22 for layouts of a WIM station), information about the speed can be acquired, also it is possible to evaluate the wheel loads separately. This also allows for evaluation and data processing of the precise gross vehicle weight, allowing for the differences between each wheel load (left and right). This will open up many evaluation possibilities, including:
- Different data processing for single axle load and group of axle loads – the cruise test between every axle in one group of axle
- Precise vehicle classification
- Asymmetric vehicle loading check (left to right)
- Individual calibration coefficient for every channel
- High accuracy of measured data

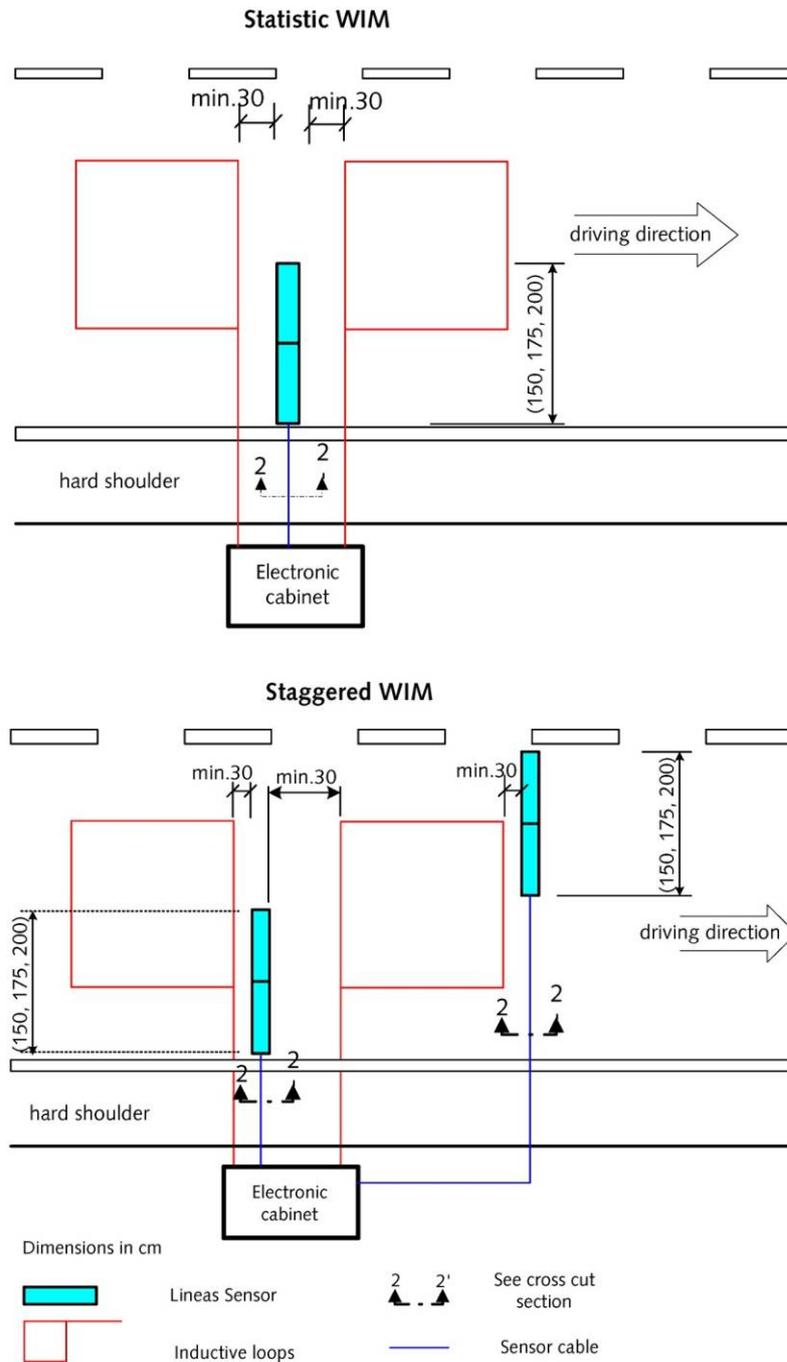
Other possibilities dependent on software development and electronic equipment

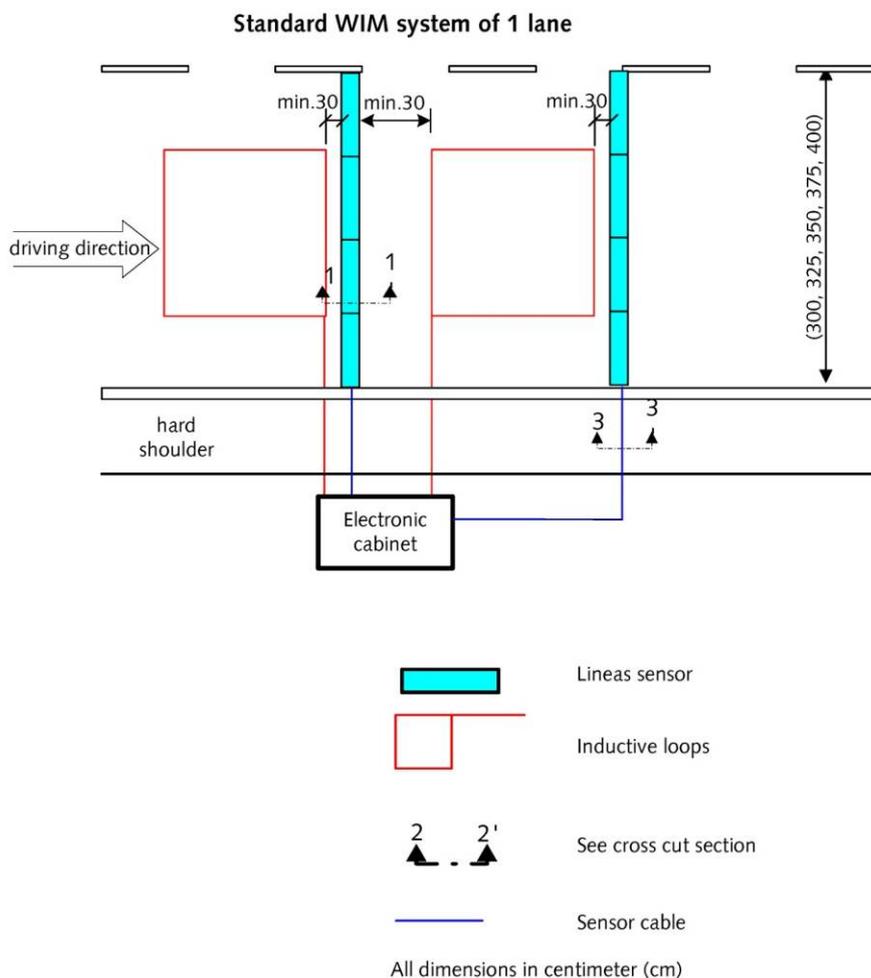
- An automatic self calibration procedure can be developed

8.2 Layout of a WIM Station

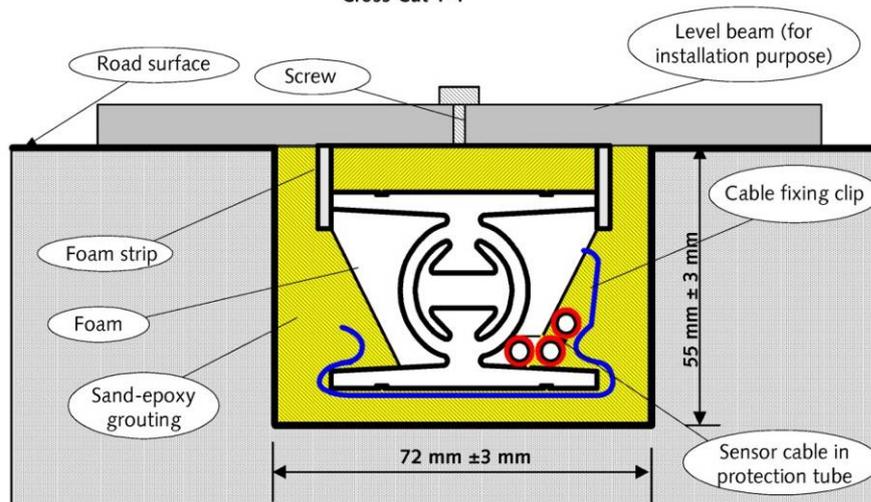
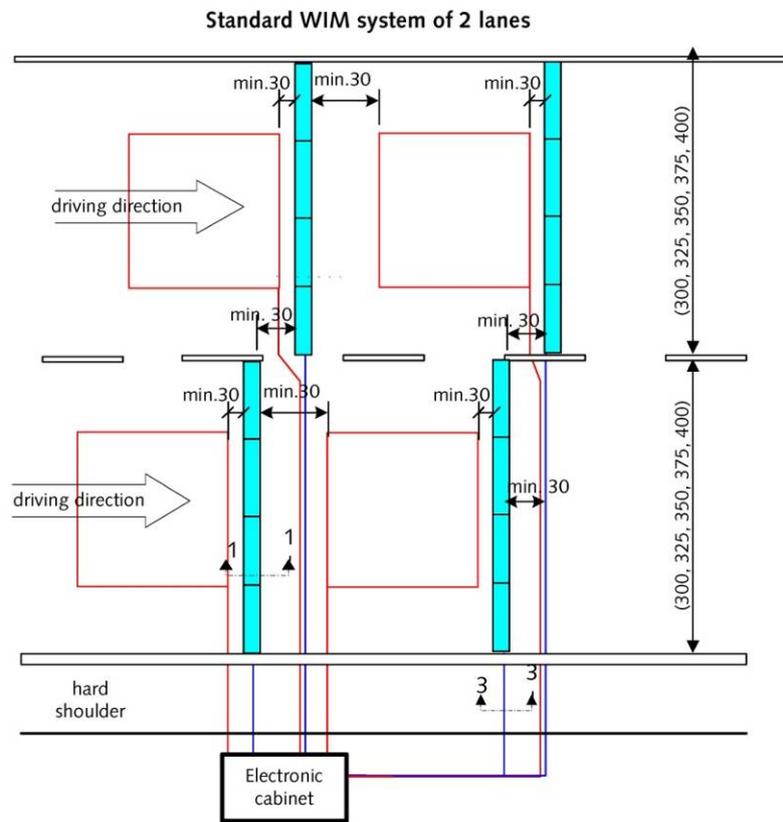


Typical Configuration of a WIM Station



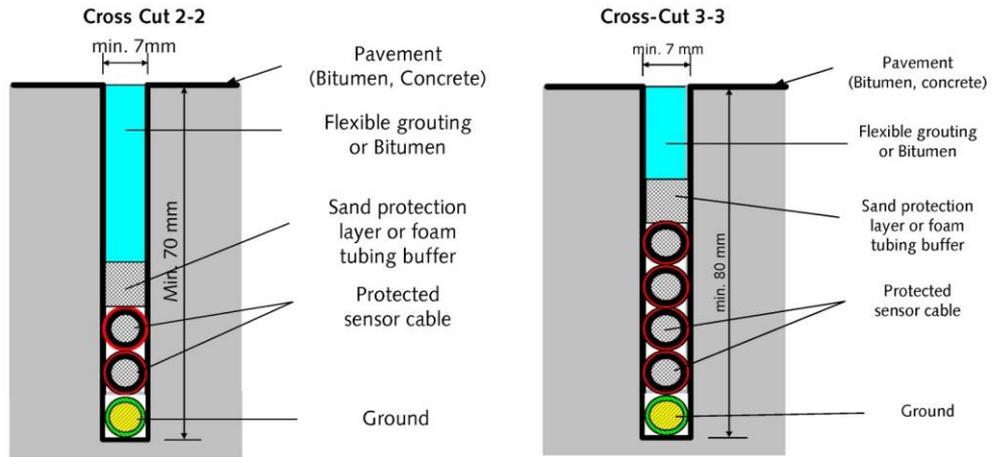


Typical Configuration of a WIM Station

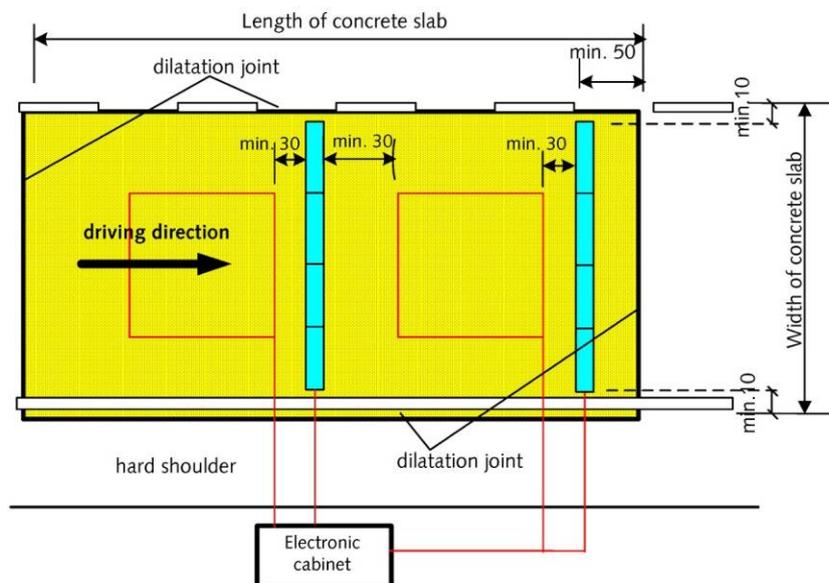




Planning of a WIM Station Type 9195E



WIM sensors in concrete roads



Typical Configuration of a WIM Station

KISTLER
 measure. analyze. innovate.

8.3 Spacing between Two Lineas® WIM Sensor Rows

The spacing between two Lineas sensor rows depends mainly on the speed of the vehicles. The main body oscillation frequency is between 1,8 and 3,5 Hz, we recommend from experience that the spacing should be within 3 to 5 m.

In practice, there are good reasons to take into account, not only theoretical calculations, but also experience, for instance:

- The frequency spectrum strongly depends on the vehicle. Air suspension vehicles are nearer to 1 Hz than 2,5 Hz for body oscillations and their damping characteristics are different from steel suspension types.
- Full or partial loading of vehicles severely affects the oscillation spectra, and there may be remarkable differences according to various vehicle populations per road and country.
- Further to body vibrations, the axle hop and tire natural frequencies are higher and important too.
- The overall accuracy is potentially influenced more by pavement unevenness than by a spacing of 5 m instead of 4 m. Even the slightest bumps many meters ahead of the sensors may give rise to oscillation, so the flatness between sensor and surrounding pavement is essential.
- An important practical aspect is that signal integration requires the individual velocities between the two sensor rows for each vehicle. Thus the longer the spacing, the higher the errors caused by acceleration or deceleration, namely at lower speeds.
- Therefore, in view of the many above influences and practical experience, we refrain from giving you deviation estimates for other spacing distances.

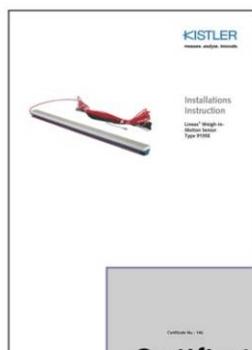
Expected average velocity	Recommended distance d
45 - 75 km/h (30 to 45 mph)	3,5 m
75 - 95 km/h (45 to 60 mph)	4,0 m
>95 km/h (>60 mph)	4,5 m

KISTLER

measure. analyze. innovate.

Planning of a WIM Station Type 9195E

9. Installation of Lineas® Sensors



See Installation Instructions 002-301 (EV06.9195E).

As defined in the contract with different system integrators, the staff performing the installation of the sensors have to be trained by Kistler. These trained people will receive a certificate after theoretical training and after having performed successful installations under the supervision of a Kistler engineer. An employee certified by Kistler has to assist, supervise and sign a Lineas installation protocol which gives entitlement to an entire Kistler warranty.



Commissioning of a WIM Station



10. Commissioning of a WIM Station

10.1 Mechanical and Electrical checking

Testing of sensors after installation:

Mechanical checking

- Checking of the sensor state: no cracks, correct geometrical dimensions, etc.
- Proper setting of resin (no subsidence when vehicles pass)
- No deterioration around the sensors
- Connecting cables correctly protected by electrical sheaths, especially at corners
- Sufficient resistance against bending moment, according to the pavement deflection and the expected loads to be supported

Electrical checking

Insulation resistance

Response per cable – this is read directly from an oscilloscope, under the effect of an impact delivered by the operator or the passage of a vehicle.

Once the WIM sensors are installed and the grout has cured, retest the sensor (see installation instructions). In addition, it is recommended that an oscilloscope be connected to the sensors and typical wave form (signal form) be collected for a truck and a car. These signals should be printed out and saved for permanent record.

10.2 Calibration

The calibration should not be performed within 72 hours of the installation of the sensors. We suggest calibration of the site after 2 weeks of traffic having passed the WIM site.

The calibration procedure is depending upon the end-users requirements. It should clearly state the type of vehicles, the number of runs, the loads, the equipment to be used and other relevant issues.

Frequently Asked Questions (FAQ)



12. Frequently Asked Questions (FAQ)

Available lengths of Lineas® sensors

The lengths of the Lineas sensors are 1,00 m and 0,75 m. For one row across a lane 4 sensors are usually required. The standard configuration is 2 sensor rows per lane. Please check carefully the actual lane width at the planned WIM sites and be aware that the regular cable length attached to the Lineas is 40 m and 100 m thus the electronic cabinet should not be too far away.

Responsibility of an installation

It is a requirement of Kistler that the installation is supervised by a Kistler engineer or Kistler certified engineer. This Kistler certified Engineer is responsible for the whole installation, the discontinuance in case the requirements are no longer met, as well as for the time of opening of the lane for traffic. Kistler is happy to assist and train the customer at cost price and will issue a certificate (for person not organization) if the installation and training were successful. The certificate is valid for a specified time.

Companies who are interfacing the Lineas® sensor

There are several companies in Europe, North America, the Far East and Australia that have successfully adapted their electronics and software to integrate the Lineas sensor into their measuring chain.

Regrinding of the Lineas® sensor

Lineas sensors have a topcoat with a thickness of 10 mm (the same material as the grouting material) designed for re-profiling by grinding less than 9 mm. If a pavement has a rut depth of e.g. 10 mm, the road cannot be regarded as a suitable WIM site, as vertical oscillations of the vehicles will induce dynamic weight deviations which exceed the requirements considerably. It is strongly recommended to have a pavement without rutting before installing the WIM site. If there is already a rutting of above 4mm, we suggest to repave the road. It is very important to have an even surface in order to achieve excellent results.

Traveling over the Lineas® sensor with a flat tire

The load bearing capacity of the Lineas surface is over 200 kN per twin wheel and local load concentrations up to the Mega Pascal range had been tested successfully. From all the sensors operating in many countries, we have no indication that flat runners have ever caused a failure.

Performance over the total sensor length at delivery

Kistler guarantees that all delivered Lineas sensors have a uniform sensitivity within +/-3 % over the length of the sensor. One channel usually consists of 2 sensors which are paired according to their sensitivity and have an uniformity of approx. +/-3 % over the width of the whole measuring channel.



002-300e-07.04 (200-348e)

Page 27



measure. analyze. innovate.

Planning of a WIM Station Type 9195E



Our factory test certification fulfills this requirement irrespective of loading lengths between 100 and 300 mm. Calibration by pre-weighted vehicles is the most common procedure.

Regular check of Lineas® sensors

The Lineas sensors themselves require at least bi-annual checks. Regular checks are advised in view of the condition of the pavement, the sensors as well as electronics servicing (power supply, batteries, contacts, and so on). See the Installation Instructions 002-301 (EV06.9195E) and use the maintenance protocol 900-556.

Installation into a new pavement

Do not install in a new pavement within 72 hours after surfacing. This is to make sure that the tensions within the pavement have settled.

Re-use of sensors

If Lineas sensor are taken out of the pavement, they must not be used anymore.

Place a new pavement

To replace a new pavement the sensors should be taken out beforehand, ref. the doc 002-302 (200-349) backtracking and repair of a WIM station with Lineas.

Typical Installation Schedule



13. Typical Installation Schedule

One Lane of 8 Sensors

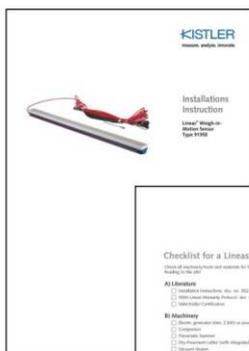
Ideal conditions with a pavement and air temperature above +20 °C, dry condition of weather and pavement. This is an example of an installation schedule. The time for the grout curing depends on ambient air- and pavement temperatures. The lane must not be opened before the grouting has completely cured, refer the Installation Instructions 002-301 (EV06.9195E).

Time	Work	Personnel required
00:00	Lane closure	Police or authorized company for lane closure
00:15	Marking, cut and clean slots for the Lineas sensor and for the inductive loops	1 men cutting, 3 to 4 men for slot preparation, tube preparation for the cables (if applicable)
02:00	Heat and dry slots, pull cables through tube, install sensors	3 to 4 men
04:00	Cable terminations	3 to 4 men
06:30	Grind surface off, clean up	2 men
07:30	Sensor tests	2 men
08:00	Lane opening	Police or authorized company



Planning of a WIM Station Type 9195E

14. Requirements for the Lineas® Installation



The installation of Lineas WIM sensors is documented in the doc 002-301 (EV06.9195E) Installation Instructions. The checklist 200-369 lists all required materials, equipment and machinery which are necessary for an installation.



Lineas® Documentation

KISTLER
measure. analyze. innovate.

15. Lineas® Documentation

Data Sheets

- **Doc.-No. 000-488**
Lineas Quartz Sensor for WIM
(Available in English and German)
- **Doc.-No. 000-114**
Industrial Charge Amplifier Type 5038A2Y43 for WIM
Lineas (for 2 channels)
(Available only in English)
- **Doc.-No. 000-310**
Charge Amplifier Type 5153A for WIM Lineas (for 9 or
18 channels)
(Available in English and German)

Instruction Manuals

- **Doc.-No.002-301**
Installation Instructions for Lineas Weigh in Motion
Sensor Types 9195E (Available in English and German)
- **Doc.-No. 002-224**
Charge Amplifier Type 5153A
(Available in English and German)
- **Doc.-No. 002-283**
Connection Box Type Z18753
(Available in English and German)

Papers

- **Doc.-No. 20.205**
Crystal Clear, Traffic Technology International, Aug/
Sep 1999
(Available in English only)
- **Doc.-No. 20.216**
The Goods and the Bad, Traffic Annual Review 2000
(Available in English only)
- **Doc.-No. 20.219**
Weigh and Toll as you Roll
(Available in English only)

CD-ROM

- **Doc.-No. 200-305**
Lineas for WIM

Several

- **Doc.-No. 200-369**
Checklist for Lineas Installation
(Available in English and German)

**ANEXO F – MANUAL DE INSTALAÇÃO DOS SENSORES
PIEZOELÉTRICO CERÂMICO HESTIA ECM**

INSTALLATION guide for piezo electric sensors TYPES C, F, F', G and E

1) Required Materials and equipment for installation

- ECM resin corresponding to the sensor and the pavement,
- Sensors,
- Fixing tools,
- 1 pavement saw for wet or dry cutting, if possible with two disks spaced between 20mm to 60mm (External limit of the cutting)
- 500 litres of water by lane when a wet cutting is realised,
- Fixing tools, about 4 for a 3 meters long sensor (maximum),
- Metallic thread about 1mm diameter as flexible as a copper one,
- Electric hammer,
- High pressure water system, "karcher" type,
- Industrial vacuum allowing water used,
- Big fire torch using gas bottle,
- Electric mixer as a drill,
- Can 10 to 20 litres,
- Trowel and spatulas 5cm to 10cm width (3 unit by working person),
- Manual hammer and chisels (Different sizes and type),
- Gloves to avoid any contacts with the resin,
- Antinoise cask, smell mask and protection glasses,
- Paper adhesive band about 5 to 6 cm width, with sufficient length (2,5 time the cutting length),
- Duster
- 1 litre solvent bottle as acetone type (To avoid any grease component) for 4 lanes installation,
- Fibre pass-cable or "Mouse",
- Silicon cartridge with its adapted gun,

INS	N°3303	 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sans accord écrit de E.C.M. / <i>Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.</i>	Le/ The	Auteur/Author	Relapar/Controlled by
Titre/Title Page/Page: 1 / 10			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E		C	08/04	SIZE OF CUTTING	
		B	02/03	UPDATING	
		A	06/00	UPDATING	
		Ind	Le/The	Modification/Modification	

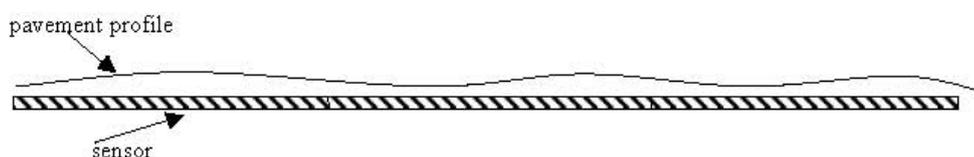
i:\sys\qual_ins\comp\ins_ins_gb\ins.3303c.doc

2) Installation site selection

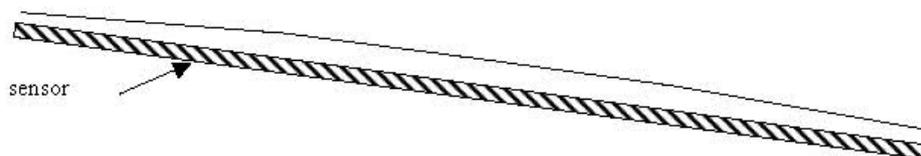
IMPORTANT REMARK :

During its installation, the sensor must have to be subjected to a minimum of pre-stressing and remain straight in the cutting.

Case of a weakly rutted pavement



Case of a pavement with a curved longitudinal profile (no compliant)



If you exert a pre-stressing on the sensor, it will provide a non compliant electrical signal that will not be correctly processed by ECM electronics.

INS	Nº 3303	 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sans l'accord écrit de ECM. / Reproduction forbidden without written approval of ECM.	Le/ The	Auteur/ Author	Relapan/ Controlad by
Titre/ Title Page/ Page: 2 / 10			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
			A	06/00	UPDATING
		Ind	Le/ The	Modification/ Modification	

i:\sys\qual\ins\comp\ins\ins_gb\ins.3303c.doc

2.1) Installation of the piezoelectric sensor for weigh-in-motion

The site shall be under conformity with the Electronique Contrôle Mesure definition notice N° 4115, and also with the ASTM/1318 specification and COST323 -draft2.2.-, as following summarise :

- Longitudinal slope of the road, less than à 2%,
- Transversal slope of the road, less than 3%,
- Horizontal curve radius more than 1700 meters,
- Longitudinal profile under conformity with the ASTM/1319-90 or the WIM french specification, class B,
- Rut less than 3 mm,
- Deflexion less than 0.5mm by using the BENKELMAN girder loaded of 13 tons (or equivalent)
- Gap of the deflexion measurement on the traffic lane width (measure in 3 points) less than $\pm 10\%$,
- Ultimate layer thickness, for asphalt or concrete plump more than 8 cm,
- Minimum distance the surface plump and any metallic more than 10 cm,
- Road surface shouldn't have any crack in the 10 meters that surround the cutting for sensor installation,
- Road shouldn't give any sign degradation, peeling or marbling type, etc...
- Installation will never be done on thermo regenerated road, that are generally unacceptable because of their small life and the sensor duration in this kind of pavement,
- The sensor length will be smaller about 20 to 30 cm to the traffic lane width (axe to axe),
- The transversal profile of the pavement will have to be plane.

It is advisable to clearly specify since the order, the road mechanical characteristics to allow ELECTRONIQUE CONTROLE MEASUREMENT to provide you the adapted installation kit for your road.

2.2) Piezo electric sensor installation for vehicles automatic classification

The procedure is approximately the same than dynamic weighting, the geometric characteristics of the road are less rigorous; see ECM notice nb 4113.

INS	N°3303	 <p>Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sans l'accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.</p>	Le/ The	Auteur/ Author	Relapar/ Controlad by
Titre/Title Page/Page: 3 / 10 INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
			A	06/00	UPDATING
			Ind	Le/ The	Modification/ Modification

i:\sys\qual\ins\comp\ins_gb\ins.3303c.doc

3. Installation's precautions

- The sensors are very sensible and shall be manipulate with an extreme care.
- Never let the sensor falling down or dragging the sensor and the cable's sensor on the road.
- Never cut the active part of the sensor.
- Never install the sensor by a rainy weather or when the humidity factor is more than 85% or by a temperature lower than +5°C.
- Coaxial cable extension : The sensor cable can have its length increase under the following condition :
 1. Always use RG58 C/U cable or ECM cable réf. RG58GT that the external reinforced shield is better resisting to a tear and humidity seeping.
 2. All the connection shall be solder and closed into 3M type junction box inside which a resin ensure a waterproof connection.
 3. The coaxial cable maximal length between the sensor and the physical connector to the station shall not exceed 100 meters.
 4. Avoid to walk on the sensor cable or to drag it on the road.

INS	N°3303	 Nancy France - Austin Texas USA <i>Reproduction interdite sans l'accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.</i>	Le/ The	Auteur/ Author	Relapar/ Controlad by
Titre/ Title Page/ Page: 4 / 10			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
			A	06/00	UPDATING
			Ind	Le/ The	Modification/ Modification

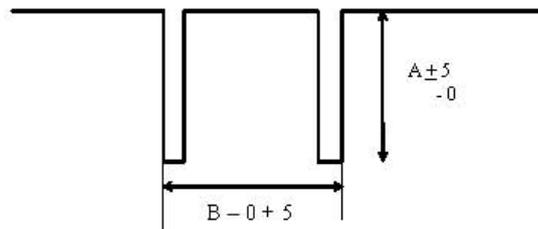
i:\sys\qual\ins\comp\ins\ins_gb\ins.3303c.doc

4) Sensors installation

The sensors are manufactures with care, check one by one and delivered with a control certification. However, they are sensible and couldn't be damaged since the freight.

Follow the next step to install the sensors :

- Mark the pavement where the cutting will be done. To do this, use indelible paint or soft lead chalk.
- Check the sensor's length : The resistance shall be more than 1000 MΩ and shall delivered a signal when a pressure is apply to the sensor with a finger. The ECM tester ref. 850599 can be provided.
- Make the cutting as shown in the following picture.



Size of the sensor

Sensors	A	B
C, F	40	40
F'	45	50
E, G	55	55
K	20	25

In mm

- Remove the middle part of the cutting with a Hammer to obtain the following section :

Good finish



Bad finish



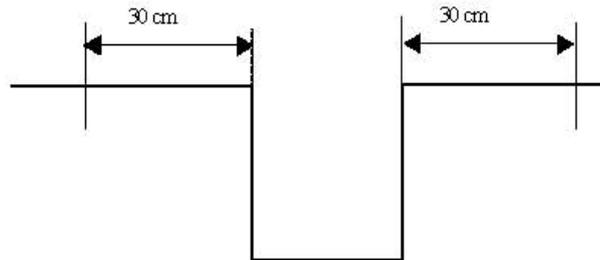
INS	Nº 3303	 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sans l'accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.	Le/ The	Auteur/ Author	Relapan/ Controlad by
Titre/ Title Page/ Page: 5 / 10 INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
			A	06/00	UPDATING
			Ind	Le/ The	Modification/ Modification

i:\sys\qual\ins\comp\ins\ins_gb\ins.3303c.doc

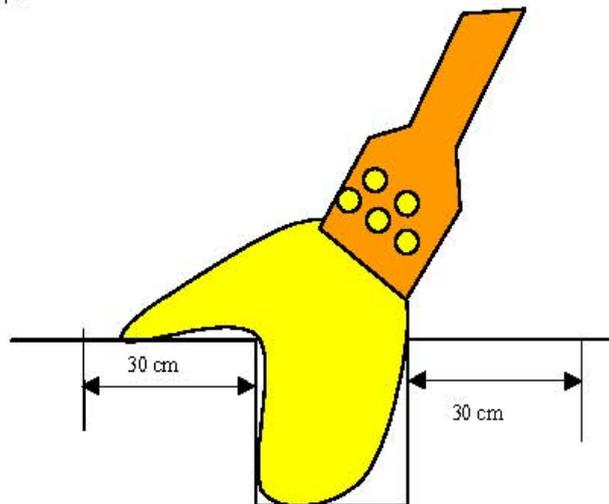
- Clean the road,
- Use a high pressure water system the foreign pieces; brush the cutting with a broom, insist on the side and clean again.
- Use an industrial vacuum to remove the most of water and all eventual fragments stayed in the cutting.

IMPORTANT : Do not used a high pressure air machine to clean the cutting, because of the small oil residues contained in the air that could contaminate the cutting.

- Clean the pavement about 30 cm around the cutting,



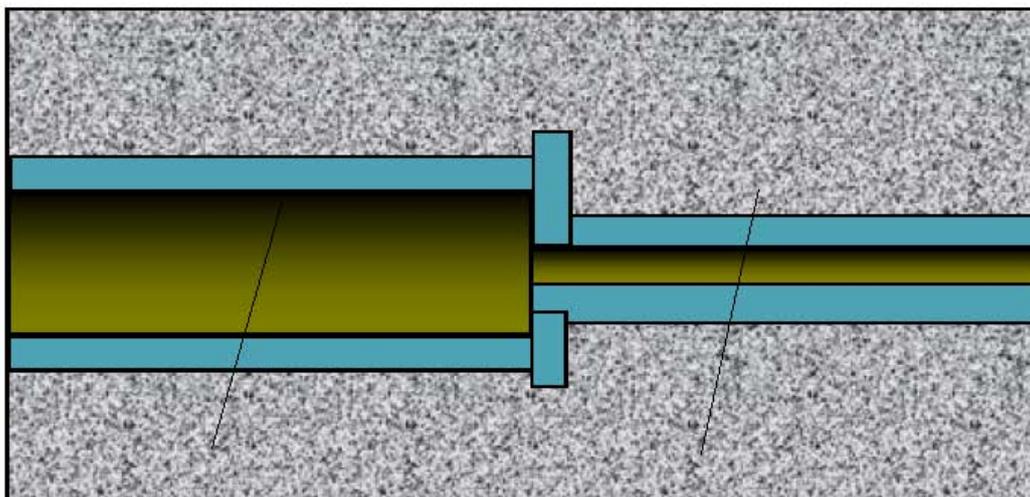
Use the torch gas to accelerate the drying and ensure that the cutting is well dry. Never burn the asphalt by always moving the torch's tip.



- After cleaning, ensure that any materials (rock, sand, etc...) aren't, accidentally, falling in the cutting.
- Place the adhesive paper band all along the cutting, as following shown :

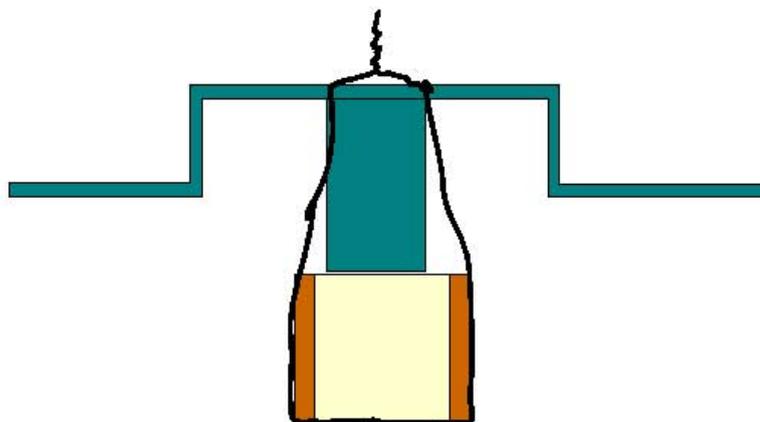
INS	Nº 3303	 Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sans l'accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.	Le/ The	Auteur/ Author	Relapar/ Controlad by
Titre/ Title Page/ Page: 6 / 10 INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
			A	06/00	UPDATING
			Ind	Le/ The	Modification/ Modification

i:\syst\qual\ins\imp\ins\ins_gb\ins.3303c.doc



Well clean the sensor with a solvent,

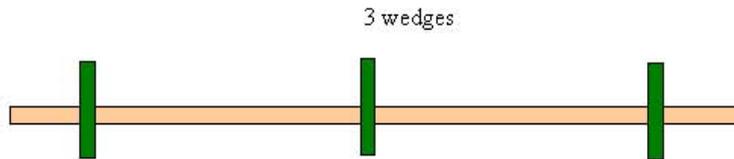
- Attach the fixing tool on the sensor, as following :



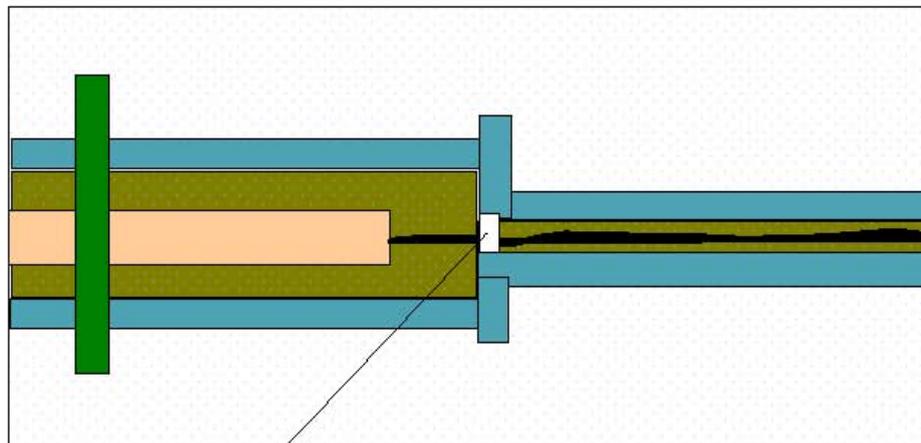
INS	Nº 3303	 <p>Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sans l'accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.</p>	Le/ The	Auteur/ Author	Relapan/ Controlad by
Titre/ Title Page/ Page: 7 / 10 INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
			C	08/04	SIZE OF CUTTING
			B	02/03	UPDATING
			A	06/00	UPDATING
			Ind	Le/ The	Modification/ Modification

i:\sys\qual\ins\comp\ins\ins_gb\ins.3303c.doc

- Space out the laying wedges by avoiding to pre-stress the sensor



- Put the sensor in the middle of its cutting and the cable in its own.
- Use some cardboard to separate the sensor cutting from the cable's one.



Cardboard or silicon stopper

- Open the P5G resin cans,
- Properly and individually mix the resin to obtain a homogeneous mixing,
- Add to the resin a catalyst bag (power) at the last moment,

IMPORTANT : The ambient temperature of installation shall be more than 5°C.

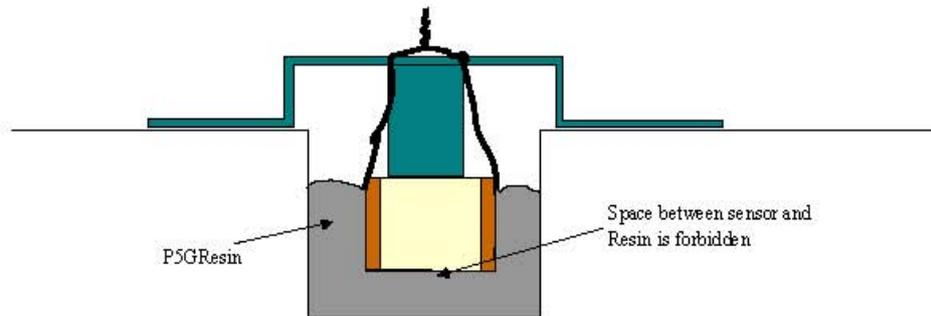
INS	Nº3303	 <p>Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sans l'accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.</p>	Le/ The	Auteur/ Author	Relapar/ Controlad by
Titre/ Title Page/ Page: 8 / 10 INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
		C	08/04	SIZE OF CUTTING	
		B	02/03	UPDATING	
		A	06/00	UPDATING	
		Ind	Le/ The	Modification/ Modification	

i:\syst\qual\ins\comp\ins\ins_gb\ins.3303c.doc

- Use a drill to mix the power since 1 minute maximum,
- Pour the resin immediately in the cutting until middle depth,
- Use the spatulas to spread the resin all along the cutting, as on the vertical sides,



Place the sensor in the middle of the cutting and use some weight to maintain it in place without bending it. Continue to work on the resin until there's no more resin overflowing on the tape. Ensure there's no air between the resin and the sensor, remove all the air bubbles.



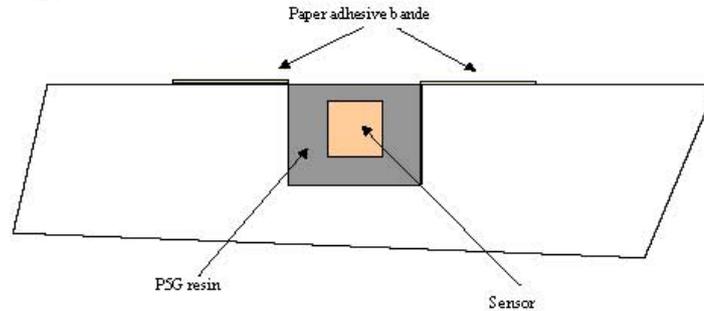
REMARK : To have a using time and a proper polymerisation, the resin shall be use in state between 10°C and 35°C.

- If the temperature is more than 35°C, only mix 75% of the catalyst bag
- If the temperature is less than 10 °C but more than 5°C add 1 dose (one stopper) of accelerator by resin can of 6kg.

INS	N°3303	 <p>Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.</p>	Le/The	Auteur/Author	Relupa/Controlled by
Titre/Title Page/Page: 9 / 10			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E					
		C	08/04	SIZE OF CUTTING	
		B	02/03	UPDATING	
		A	06/00	UPDATING	
		Ind	Le/The	Modification/Modification	

i:\sys\qual_ins\amp\ins_gb\ins.3303c.doc

- After 10 minutes waiting (more or less depending of the ambient temperature), the resin is no more liquid but become soft, remove the fixing tools. Clean those immediately.
- Pour the other can of resin, prepare it with their catalyst, on the sensor use the spatula to work the resin. Finish the surface as flat as possible with the paper band.



Visually check the resin since 10 minutes (sensor moving, resin escapement) and adjust all excess due to the slope of the road

- Remove the adhesive paper bands after 10 minutes before the complete end of polymerisation.
- Check the sensor(s) is ready and then clean the site.
- The traffic flow can be open about 1 hour after the second step of resin if the temperature is more than 10°C
- Place the cable in the return cutting and fill it with some prepared resin.
- The return cable shall conserve its integrity until the connection to the measure board of the HESTIA station. No one cutting or scratching shall happen on the coaxial cable.
- When the work is finished, check the proper working of the sensor : resistor > 1000 MΩ and one signal of 100 mV for one car's axle passing.

Remark : Do not hesitate to work on an the sensor, or on the return cable, in same time. It allow you to use the extra rest of resin of the previous sensor installation.

INS	Nº 3303	 <p>Nancy France - Austin Texas USA Reproduction interdite sauf accord écrit de E.C.M. / Reproduction forbidden without written approval of E.C.M.</p>	Le/The	Auteur/Author	Relapan/Controlled by
Titre/Title Page/Page: 10 / 10 INSTALLATION GUIDE FOR PIEZO-ELECTRIC SENSORS TYPE C, F, F' ET E			04/97	C. MAEDER	M. NICOLLE
		C	08/04	SIZE OF CUTTING	
		B	02/03	UPDATING	
		A	06/00	UPDATING	
		Ind	Le/The	Modification/Modification	

i:\syst\qual_ins\comp\ins\ins_gb\ins3303c.doc

