

Concessionária de Rodovias Via Araucária

RODOVIA PR-418

MONITORAÇÃO DE PAVIMENTO – ANO 1 IRREGULARIDADE LONGITUDINAL – IRI

PR-418 no Estado Paraná
Km 0+000 ao Km 21+860

Março / 2025



Código:

Revisão:

02

Emissão:

28/03/2025

Folha:

2/49

Contrato:

Rodovia:

PR-418

Responsável Técnico, CREA e Firma Projetista:

RoadRunner Engenharia Ltda.

Trecho:

Concessionária:

Concessionária Via Araucária

Objeto:

Monitoração de Pavimento - Condições de Conforto
(Irregularidade Longitudinal - IRI)

ANTT

Documentos de referência

Documentos resultantes

Observação:

02	28/03/2025	André Vale	Via Araucária	
01	27/02/2025	André Vale	Via Araucária	
00	31/01/2025	André Vale	Via Araucária	
Revisão	Data	RoadRunner	Concessionária	ANTT

Firma Projetista: Road Runner Engenharia LTDA

N° Interno:

Rev: 02

RELATÓRIO DE MONITORAÇÃO DO PAVIMENTO
IRREGULARIDADE LONGITUDINAL – IRI
CONCESSIONÁRIA VIA ARAUCÁRIA

SUMÁRIO

1. GLOSSÁRIO.....	4
2. APRESENTAÇÃO.....	5
3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO.....	8
4. ANÁLISE DE DADOS.....	16
5. PROGRAMA DE INTERVENÇÕES DA CONCESSIONÁRIA.....	18
ANEXO I	19
ANEXO II	19
ANEXO III	28
ANEXO IV	35
ANEXO V	42

1. GLOSSÁRIO

Irregularidade

Desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via.

Índice de Irregularidade Internacional – IRI

O Índice de Irregularidade Internacional (*International Roughness Index*) – IRI é o somatório por quilômetro das irregularidades do pavimento em relação a um plano de referência. Este levantamento é realizado com um veículo equipado com aparelhagem adequada. É expresso em m/km.

Quociente de irregularidade - QI

É a escala-padrão de irregularidade adotada pelo DNER, expresso em contagens/km (DNER-ES 173/86). É uma medida correlacionável com o Índice de Irregularidade Internacional (IRI), expresso em m/km, através da seguinte equação estabelecida na Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos Rodoviários:

$$IRI = QI/13$$

2. APRESENTAÇÃO

O presente documento tem por objetivo apresentar à Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, o Relatório de Monitoração de Pavimento – (Irregularidade Longitudinal – IRI) – da Rodovia PR-418, inclusive em vias laterais – Concessionária Via Araucária, considerando todo o pavimento asfáltico situado na faixa de domínio.

Os ensaios foram realizados em todas as faixas de tráfego, com valores de Índice de Irregularidade Internacional (IRI) integrados a cada 200m.

Dessa forma, conforme definido no PER, podemos fazer a verificação do atendimento do parâmetro de irregularidade longitudinal.

Todos os dados de monitoração foram atualizados no SIG, conforme previsão contratual.

Data de Realização da Inspeção

Os trabalhos em campo iniciaram em 12 de novembro de 2024 e foram concluídos em 22 de janeiro de 2025, já as releituras foram realizadas entre os dias 07 e 15 de fevereiro.

Equipe Técnica

Os serviços foram realizados pela empresa RoadRunner Engenharia Ltda., conforme ART em anexo, por meio dos seguintes inspetores:

- Eng. André Felipe Vale – CREA 5060945602-SP – Engenheiro de Pavimento
- Eng. Douglas Polcaro Negrão – CREA 5061255595-SP – Engenheiro Coordenador
- Eng. Daniel Felipe Vale – CREA 5062454719-SP – Engenheiro Administrador de

Campo.

3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

A determinação da irregularidade longitudinal de um pavimento é uma característica que influi na interação da superfície da via com veículos, gerando efeito sobre os próprios veículos, sobre os passageiros e o motorista e sobre a carga transportada. Ela afeta a dinâmica dos veículos, tem influência sobre o custo operacional dos mesmos e ainda aumenta o seu desgaste.

As condições de conforto são avaliadas através da medição da irregularidade associada à via. A norma estabelecida pelo DNER define a irregularidade como sendo o desvio da superfície da rodovia em relação a um plano de referência, que afeta a dinâmica dos veículos, a qualidade de rolamento e as cargas dinâmicas sobre a via. Adota-se como escala padrão de irregularidade no Brasil o quociente de irregularidade - QI - expresso em contagens/km.

A segurança e o conforto ao rolamento que um pavimento proporciona estão intimamente ligados ao perfil longitudinal, à existência ou não de trilhas de roda severas e à suavidade que a superfície apresenta, ou seja, são inversamente proporcionais ao grau de irregularidade dessa superfície.

Nos últimos 10 anos desenvolveu-se a tecnologia 3D do *Pavement Scanner*. O sistema foi aplicado em uma série de rodovias americanas e canadenses para se avaliar o desempenho na tarefa de detecção automatizada e classificação de defeitos dos pavimentos.



Figura 2: Veículo do Pavement Scanner em operação no Brasil.

O *Pavement Scanner* utiliza linhas de projeção de laser, câmeras de alta potência e óptica avançada para adquirirem alta definição do perfil 3D da rodovia. Esta exclusiva tecnologia permite a visão 3D para avaliação automática do estado do pavimento, seja ele flexível ou rígido.

A figura abaixo ilustra o perfil transversal, longitudinal e a seção de rodovia.

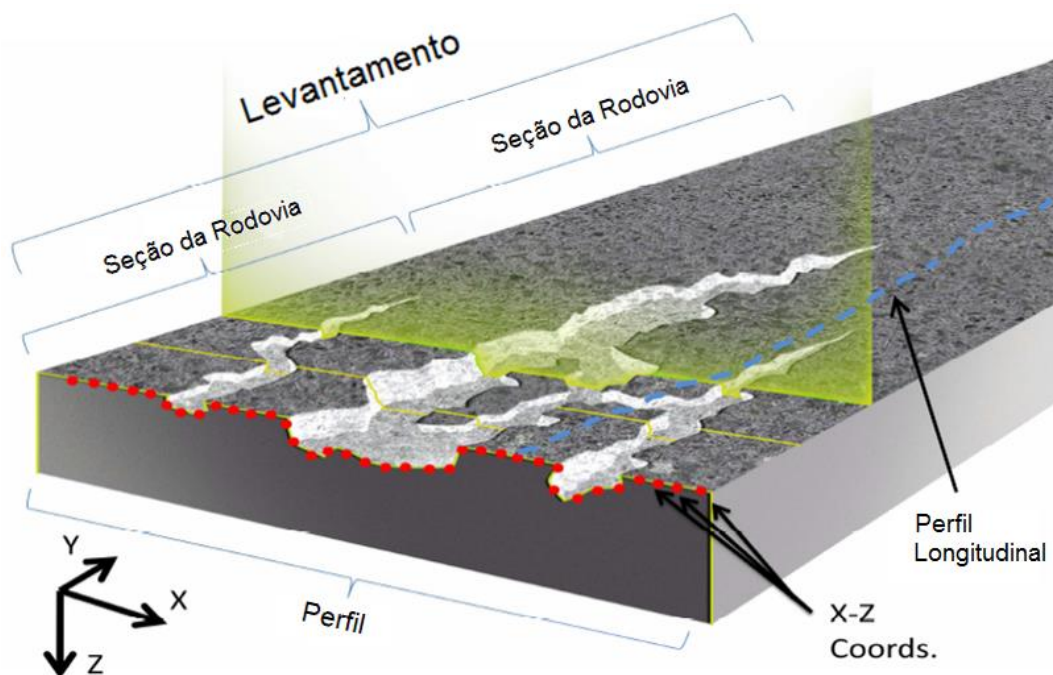


Figura 3: Caracterização do perfil transversal, longitudinal e seção de rodovia.

A faixa de luz é projetada pelo laser no pavimento e sua imagem é capturada enquanto o veículo de inspeção trafega ao longo da rodovia. A figura abaixo à esquerda, demonstra a disposição dos sensores a laser e à direita, tem-se o detalhe do sensor laser executando a varredura dos defeitos.

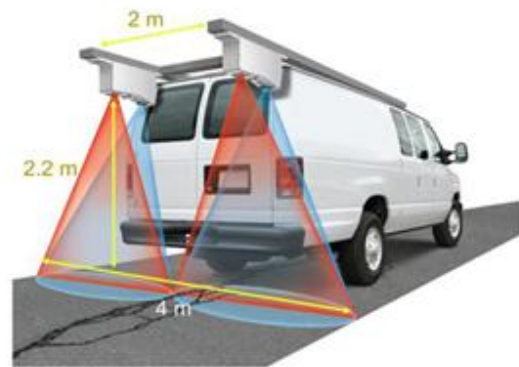
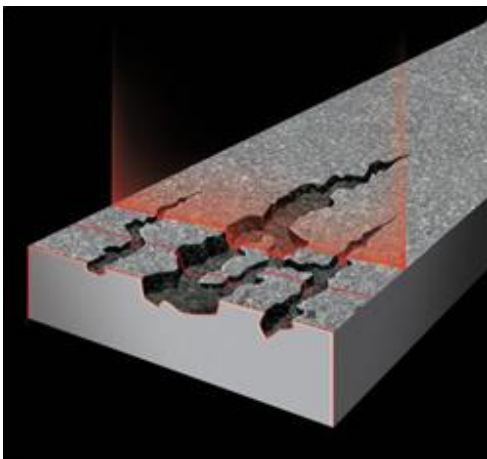


Figura 4: Disposição dos sensores a laser (esquerda). Detalhe do laser levantando o trincamento (direita).

Com o intuito de medir o perfil/inclinação longitudinal e inclinação transversal com um alto grau de precisão foram adicionados IMU (unidades de medidas inerciais) aos sensores. Os IMU são compostos por três eixos acelerômetros e giroscópios, em que o eixo vertical do IMU (gravidade) é cuidadosamente alinhado ao mesmo plano que os lasers dos sensores 3D. Este alinhamento permite uma referência direta do sistema de coordenadas do IMU com os sensores 3D, permitindo a fusão dos dados de ambos os tipos de sensores.

O perfil longitudinal é medido por meio da integração do sinal vertical (acelerômetro), com o intuito de medir o deslocamento vertical total do veículo e o perfil da estrada, enquanto subtrai as variações da distância entre o veículo e a estrada, como medido diretamente pelos sensores 3D. Estes sensores permitem, assim, a remoção das variações no perfil longitudinal, que são causadas pela suspensão do veículo, quando o veículo atinge solavancos na estrada. Esses sensores e o IMU também devem ser cuidadosamente

sincronizados entre si para que todo o processo funcione com precisão. O *Pavement Scanner* utiliza para o cálculo da irregularidade longitudinal dois (um para cada trilha de roda) perfis longitudinais da via, através dos pontos de dados 3D e as acelerações verticais armazenados.

O módulo para detecção da irregularidade pode ser utilizado para computar e salvar os dados dos perfis longitudinais da rodovia, bem como, para calcular o International Roughness Index (IRI), a partir dos perfis longitudinais medidos. Assim, os usuários têm duas opções: podem recuperar os perfis longitudinais originais e, em seguida, calcular seu próprio índice de irregularidade utilizando qualquer software ou método, ou podem calcular os valores do IRI utilizando o software do *Pavement Scanner*.

Este equipamento possui ainda um módulo que detecta as marcações da sinalização horizontal no pavimento. Dentre as várias funcionalidades deste módulo, há uma que possibilita um alto nível de repetitividade do levantamento, de forma a evitar desvios na linha utilizada para avaliação do perfil longitudinal. A figura abaixo exemplifica a utilização dos marcadores de faixa para corrigir desvios do motorista do veículo de levantamento.

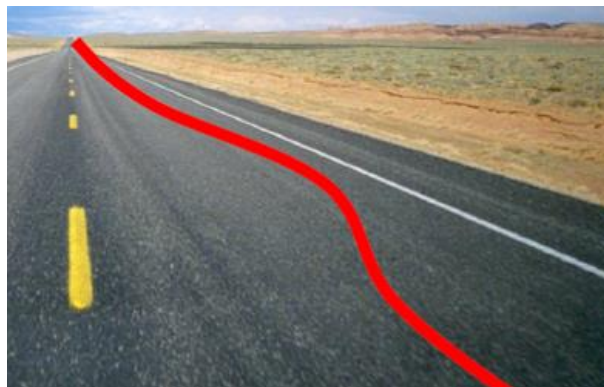


Figura 5: Imagem do sistema clássico de levantamento dependendo da trajetória do veículo.

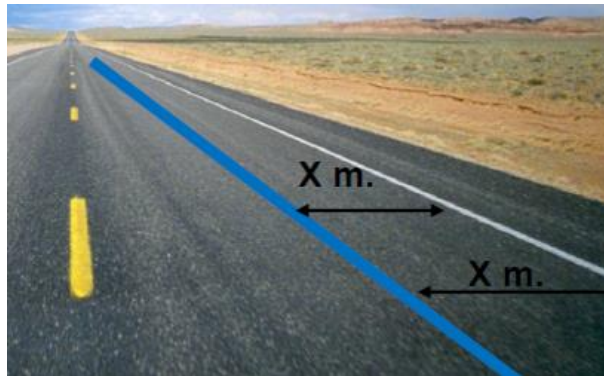


Figura 6: Imagem do sistema do Pavement Scanner que utiliza as marcações de faixa para compensar desvios do condutor do veículo.

Este equipamento é considerado como sendo um perfilômetro de Classe I pelo Banco Mundial, o que implica em medidas de elevada repetibilidade e precisão.

A escala padrão de irregularidade no Brasil, o Quociente de Irregularidade (QI), é contagens/km, medida correlacionável com IRI, expresso em m/km, através da seguinte equação estabelecida na Pesquisa de Inter-relacionamento de Custos Rodoviários:

$$IRI = \frac{QI}{13}$$

O equipamento a ser utilizado foi o PavScan® que emprega dois sensores *Laser Crack Measurement System* (LCMS) modelo LCMS-2, fabricado pela Pavemetrics Systems Inc no Canadá. Trata-se de um sistema de medição a laser que varre a seção transversal do pavimento com uma largura útil de 4 m e de forma simultânea é realizada a coleta de imagens ortogonais da mesma seção, tudo em alta velocidade e com elevada resolução. Com isso é possível se adquirir perfis 3D da superfície do pavimento da faixa de rolamento em velocidade normal de tráfego. Cabe ainda a ressalva que o sistema ótico opera na mesma frequência do laser projetado permitindo que o sistema opere de forma idêntica em plena luz do dia ou à noite.

Há ainda um hodômetro de precisão acoplado à roda do veículo de coleta que gera 10.000 pulsos por rotação, bem como um GPS (Sistema de Posicionamento Global) para a determinação da posição do ensaio, permitindo o acompanhamento preciso do deslocamento e consequentemente da velocidade.

O sistema é capaz de realizar as medições à frequência de aproximadamente 28.000 medidas por segundo, em cada um dos dois módulos aos quais estão acoplados dois acelerômetros (um por módulo) – o que permite a determinação do perfil longitudinal e consequentemente o cálculo do *International Roughness Index* (IRI).

Todas as informações são consolidadas por um sistema gerenciador no veículo, que controla a requisição/recebimento das informações a cada um dos sensores e consolida tais informações para o envio ao computador.

O levantamento de irregularidade obedeceu ao procedimento “DNER 159/58 – Projetos de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semirrígidos”, capítulos referentes aos procedimentos de avaliação das irregularidades.

3.1.1 Características Técnicas do Sistema

- Número de Sensores Laser: 2 sensores (com emissão de 4000 pontos);
- Altura Útil dos Sensores: 220 cm;
- Número de Sensores de Aceleração: 2 acelerômetros (um por laser);
- Sistema de Medição da Distância: 10.000 pulsos/volta;
- Taxa de Aquisição de Dados: 28.000 dados/segundo;
- Software de Coleta de Dados: Pavemetrics;

- Software de Compensação Vertical: Pavemetrics;
- Software de Cálculo da Irregularidade: Pavemetrics.

Leituras das medições

As leituras das medições foram registradas em quadros (Anexo II) com os resultados da irregularidade do pavimento (IRI e QI), em conjunto com os seguintes itens:

- Identificação da rodovia;
- Trecho - quilômetro inicial e final;
- Faixa;
- Sentido - crescente ou decrescente;
- Tipo de pavimento;
- Sistema de medição;
- Operador e data de realização do levantamento;
- Observações - serão indicadas as principais ocorrências visualizadas durante a avaliação de campo, destacando-se: marcos quilométricos, obras de arte, mudança de faixa em caso de desvios, lombadas e redutoras de velocidade, perímetro urbano com tráfego intenso que inviabiliza uma velocidade mínima de levantamento, interrupções por causa de acidentes, condições climáticas etc.

O levantamento de irregularidade obedeceu ao procedimento "DNIT442/2023 PRO - Pavimentação – Levantamento do perfil longitudinal de pavimentos com perfilômetro inercial – Procedimento."

Os dados de IRI levantados onde a velocidade de coleta é inferior a 40km/h não são apresentados devido a justificativa apresentada na metodologia NCHRP 914, utilizada no presente estudo para verificar questões associadas as medição e caracterização de IRI em situações de baixa velocidade.

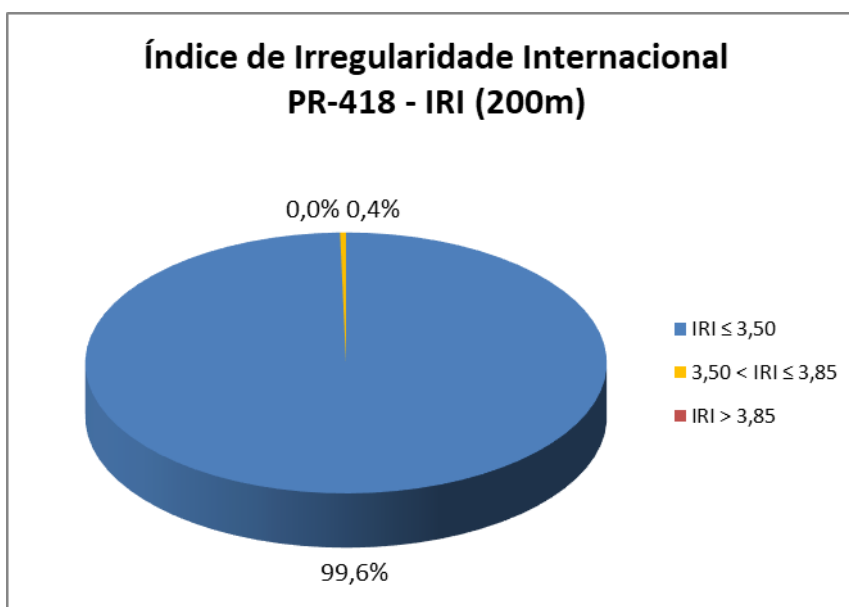
Em termos de velocidade mínima para adequada caracterização do IRI, o que se observa ao longo de todo o documento é a indicação de adoção de uma velocidade mínima de coleta com perfilômetros laser de 40 km/h. Tal indicação está clara no primeiro parágrafo do item 5.2.1.2 (páginas 71 e 72). Este item tem, entre outros objetivos, o estabelecimento de velocidade mínima operacional. Neste tema o documento apresenta que “a maioria das observações conservadoras sugerem velocidade mínima de coleta de dados com perfilômetros laser inerciais de 40 km/h”.

4. ANÁLISE DE DADOS

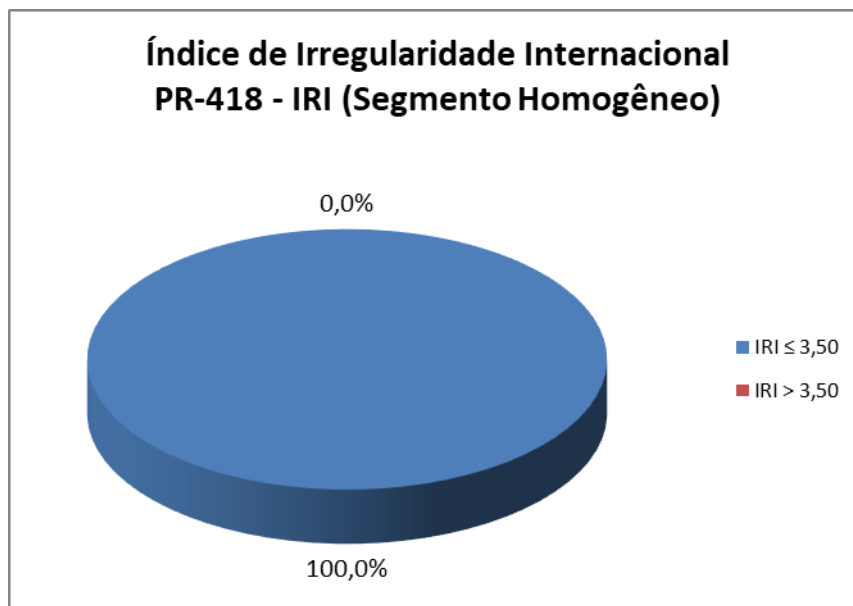
O relatório de monitoração identificou a situação do pavimento integrante do trecho sob concessão da rodovia PR-418 em todas as faixas e sentidos, que compõem o patrimônio rodoviário ao final do ano 1º de concessão. Os resultados detalhados por local são apresentados no ANEXO II - Apresentação dos Resultados.

Segue abaixo o panorama geral encontrado na rodovia:

PR-418 - IRI a cada 200 m		
Classe IRI	Ocorrências	%
$IRI \leq 3,50$	272	99,6%
$3,50 < IRI \leq 3,85$	1	0,4%
$IRI > 3,85$	0	0,0%
TOTAL	273	100%
Média IRI a cada 200 m:		1,94



PR-418 - IRI a cada 1000 m (Segmento Homogêneo)		
Classe IRI	Ocorrências	%
IRI ≤ 3,50	65	100,0%
IRI > 3,50	0	0,0%
TOTAL	65	100%
Média IRI a cada 1000 m:		1,91



5. PROGRAMA DE INTERVENÇÕES DA CONCESSIONÁRIA

Do PER, temos:

“Irregularidade Longitudinal (IRI) máxima de 3,5 m/km em 100%”

- *O cálculo da irregularidade longitudinal deverá ser feito por análise estatística, realizada por faixa de tráfego, em segmentos homogêneos de 1 até 10 km de extensão, obedecendo os seguintes critérios:*
 - *100% dos valores individuais devem atender ao limite estabelecido, com tolerância de 10%;*
 - *80% dos valores individuais devem atender ao limite estabelecido;*
 - *A média dos valores individuais deve atender ao limite estabelecido.*
- *Entende-se por valores individuais a média das medidas do IRI nas trilhas de roda interna e externa de cada lance de integração.*

ANEXO I

QUADRO RESUMO DO MONITORAMENTO DE PAVIMENTO

ANEXO II

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

ANEXO III

AÇÕES REALIZADAS APÓS MONITORAÇÃO ANTERIOR

ANEXO IV

ART

ANEXO V

RELATÓRIO DE CALIBRAÇÃO DO PERFILÔMETRO



Certificado de Calibração

A RoadRunner Engenharia apresenta a calibração do **PavScan®** nas imagens abaixo com a identificação das leituras do sensor a **laser L-400-F729** (sensor esquerdo) e **Laser R-400-F730** (sensor direito) que foram calibrados na sede da empresa na cidade de Jacareí/SP.

Foto Calibração L-400-F729



ROADRUNNER

PAVSCAN

Foto Ilustrativa L-400-F729



Calibração Laser Esquerdo





Foto Calibração R-400-F730



ROADRUNNER

PAVSCAN

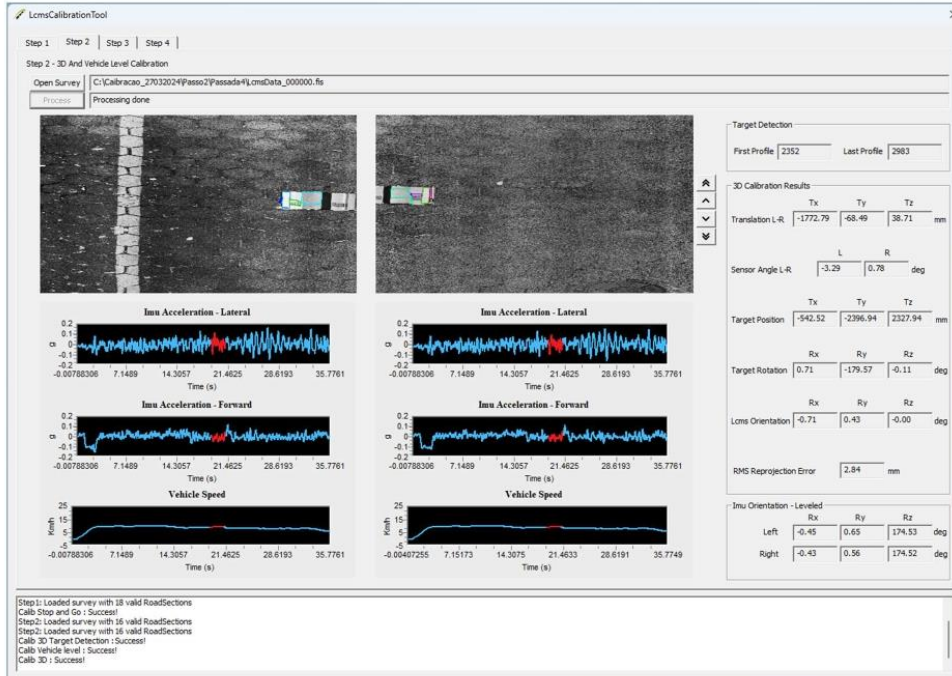
Foto Ilustrativa R-400-F730

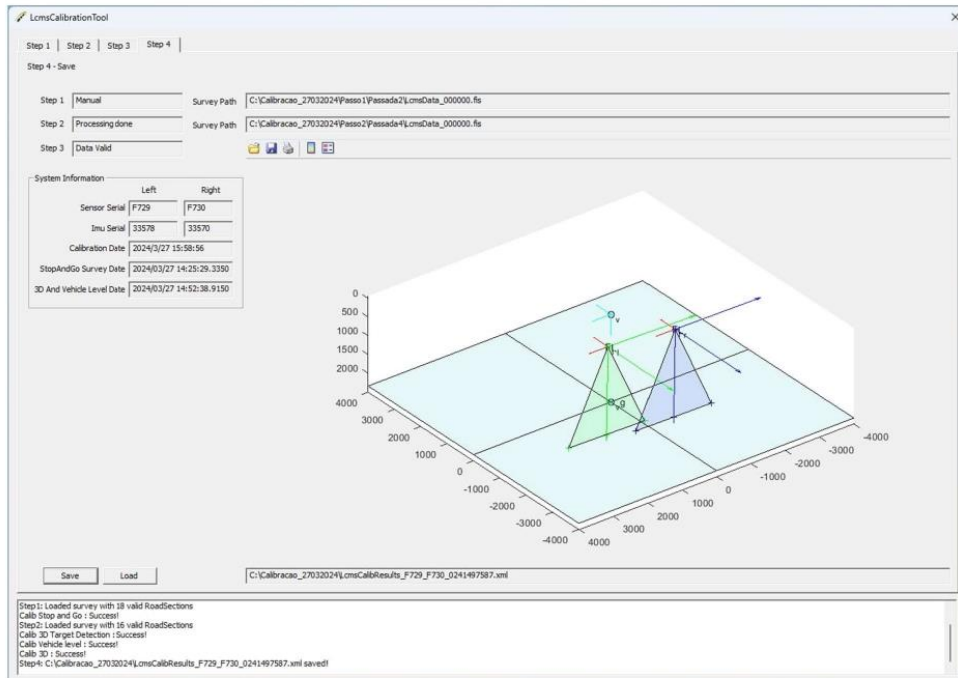
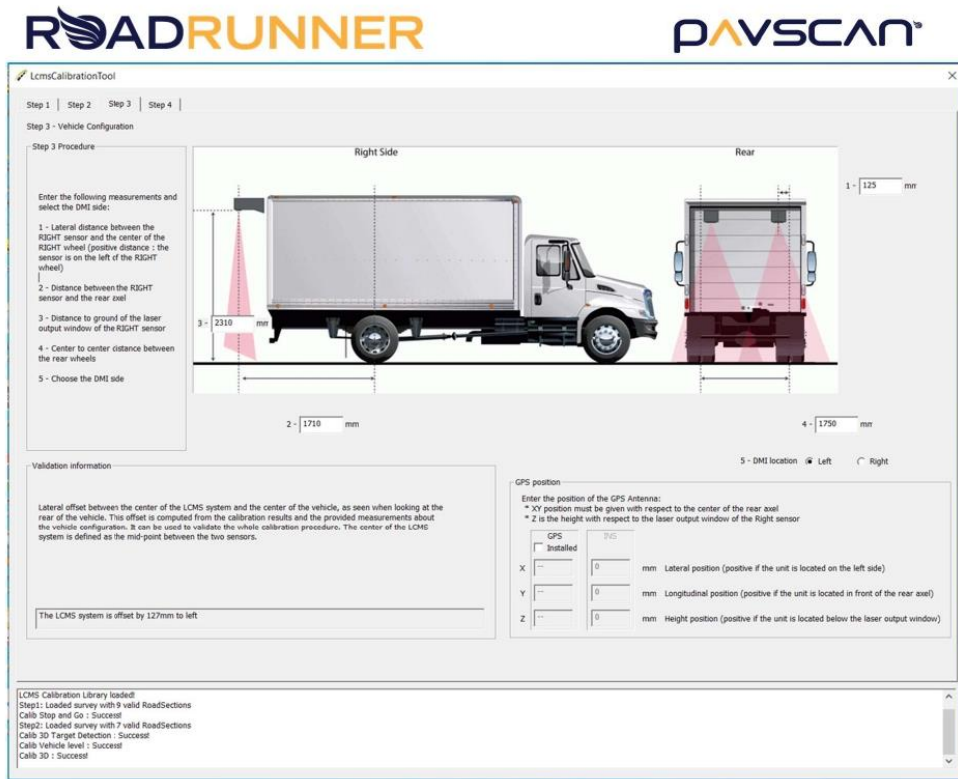


Calibração Laser Direito



ROADRUNNER **PAVSCAN**
CrossSlope | Curvatura e Inclinação







Conclusão

A calibração do sensor a **laser L-400-F729** (sensor esquerdo) e **Laser R-400-F730** (sensor direito) e a calibração **LcmsSlopeCrossSlope** foram executadas na sede da empresa RoadRunner Engenharia na data de **27/03/2024**. Ambas apresentaram o resultado **Bom (Good)**.

Jacareí, 27 de março de 2024



Luciano Aparecido de Moura

RoadRunner Engenharia Ltda

