

# ANÁLISE DO DESEMPENHO FUNCIONAL SERVIÇOS DE LEVANTAMENTO DE IRREGULARIDADE LONGITUDINAL – IRI – NA RODOVIA BR 060/GO

**Diógenes Costa de Carvalho**

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

**Lucinei Tavares de Assunção**

Instituto de Ensino Superior Planalto

**Nilo Flavio Campos Rosa Júnior**

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

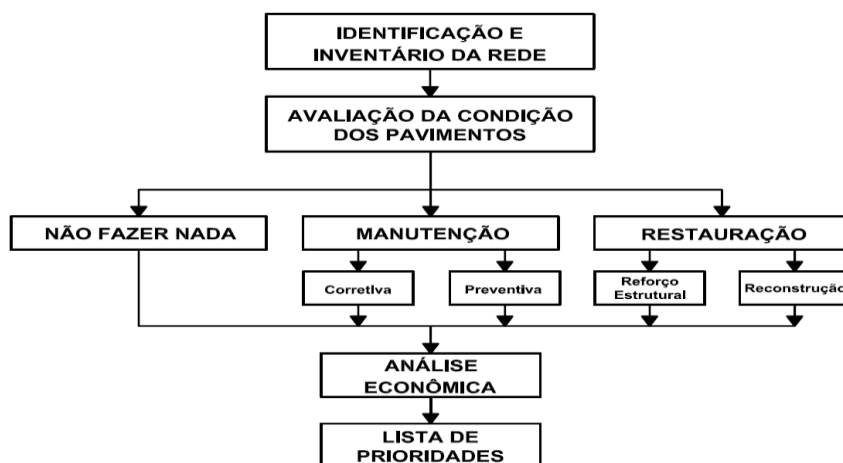
## RESUMO

O índice de irregularidade longitudinal (IRI), conceituado internacionalmente como “International Roughness Index” é o levantamento que indica um dos parâmetros mais utilizado para a verificação funcional do pavimento. Assim, o objetivo deste artigo é analisar o desempenho funcional por meio do IRI com intuito de auxiliar na priorização para a manutenção e recebimento de obras do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT e ratificar a importância do Sistema de Gerência de Pavimentos. A área de estudo foi da BR-060/GO no estado de Goiás, e houve a duplicação e restauração de pista existente. Os resultados mostram que o trecho estudado encontra-se em boas condições de utilização. O resultado reflete que o pavimento novo possui condições de trafegabilidade similares ao pavimento restaurado. Esses tipos de estudo auxiliam no planejamento das intervenções de manutenção funcional das rodovias, além de estabelecer um alto nível de segurança e conforto ao usuário.

## 1. INTRODUÇÃO

A irregularidade longitudinal, conforme citado na literatura por diversos autores, tais como Haas *et al.* (1994) e Sayers & Karamihas (1998) é o parâmetro mais utilizado internacionalmente para a avaliação funcional de pavimentos. As irregularidades são decorrentes de problemas de construção ou de defeitos oriundos da ação do tráfego e do clima, principalmente das deformações permanentes do revestimento e do subleito.

A gerência de pavimento abrange todas as atividades envolvidas no intuito de fornecer e manter pavimentos em um nível adequado de serviço. O objetivo é a obtenção de informações para o planejamento e elaboração de orçamento que vai até a monitorização periódica do pavimento em serviço (BRASIL, 2011). No intuito de minimizar os custos sob restrições orçamentária, foram estabelecidos pelo DNIT procedimentos objetivos, possibilitando a redução das subjetividades inerente ao processo, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1:** Fluxograma das estratégias de manutenção e reabilitação.

Fonte: BRASIL (2010)

Perante o cenário exposto, este trabalho tem como objetivo de analisar o desempenho de um trecho de rodovia sob a jurisdição do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT por meio do levantamento do índice de irregularidade longitudinal – (IRI) com intuito de auxiliar na priorização para a manutenção e recebimento de obras pelo DNIT e ratificar a importância de um Sistema de Gerência de Pavimentos – SGP.

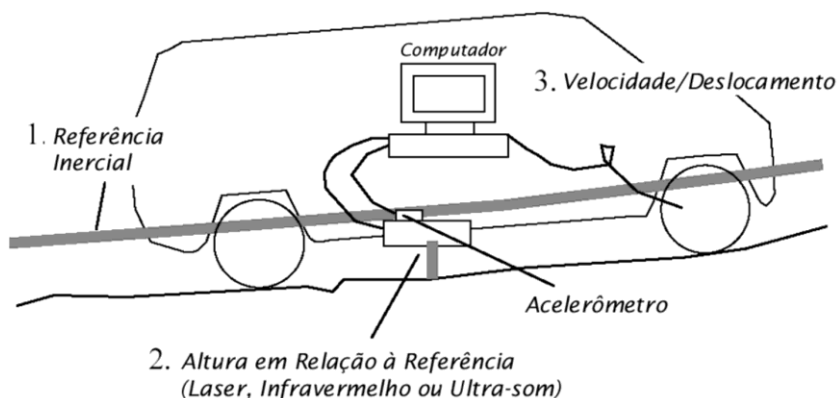
## 2. ÍNDICE DE IRREGULARIDADE INTERNACIONAL

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico que afeta a dinâmica do veículo, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via. Existe um índice internacional para a medida da irregularidade, designado de IRI – *international roughness index* (índice de irregularidade internacional) que é um índice estatístico, expresso em m/km, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto (Bernucci *et al*, 2008).

A prática hoje é limitar as medidas das irregularidades, relacionando-as com o perfil longitudinal da superfície da rodovia por serem estas que causam vibrações nos veículos e desconforto aos usuários. As irregularidades nas rodovias podem ser causadas por quaisquer dos seguintes fatores (Ksaibati *et al.*, 1998): *i*) Técnicas de construção que permitem algumas variações do perfil do projeto; *ii*) Cargas repetidas, particularmente em áreas canalizadas; *iii*) Compactação inicial não uniforme da base ou do subleito.

### 2.1 Metodologia de Medição do Índice de Irregularidade

Benevides (2006) cita que os equipamentos medidores de irregularidades diferem uns dos outros quanto às características, a produtividade e à eficiência do levantamento, sendo que a irregularidade pode ser avaliada por medidores de perfil, tais como: régua, régua deslizante, perfilômetro a laser ou através de medidores tipo resposta – SMITR, mecânicos ou baseado em acelerômetro. É apresentado na Figura 2, o esquema de funcionamento do perfilômetro inercial.

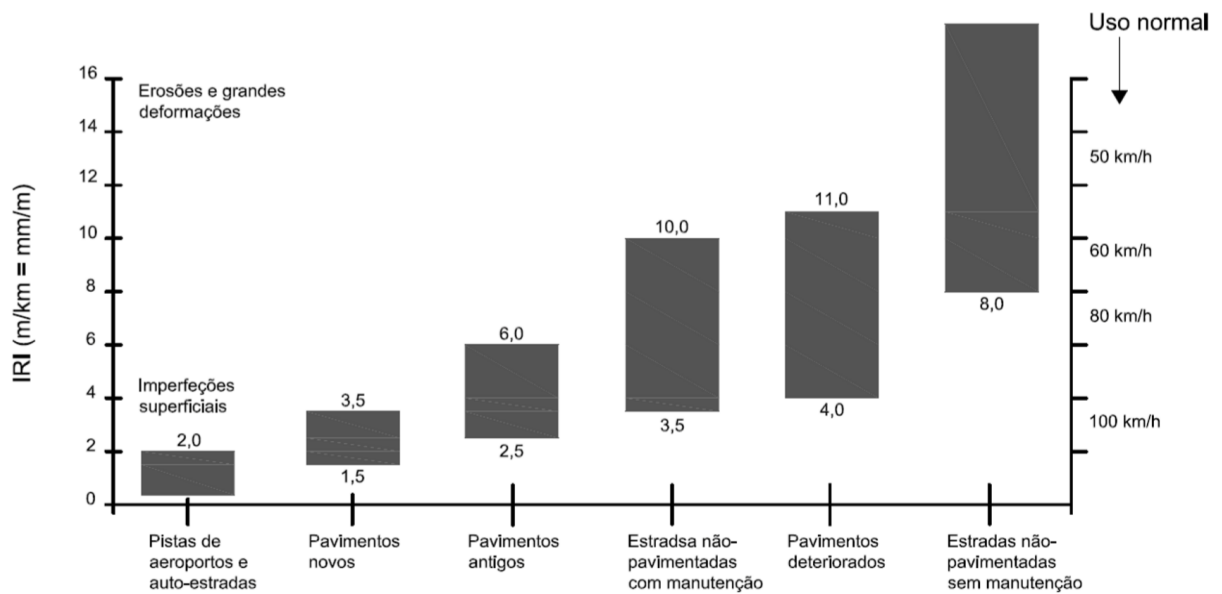


**Figura 2:** Esquema de Funcionamento Perfilômetro Inercial

Fonte: Barella (2008) adaptado

## 3 Aplicação dos Resultados do IRI

BRASIL (2011) considera os seguintes padrões de IRI (Ver Figura 3) para as Rodovias Federais:



**Figura 3:** Padrões IRI - DNIT.

Fonte: DNIT (2011)

A Tabela 1 mostra os padrões estabelecidos pelo DNIT para a classificação do pavimento, e observa-se que valores menores que 3 é considerado como sendo pavimento de IRI bom.

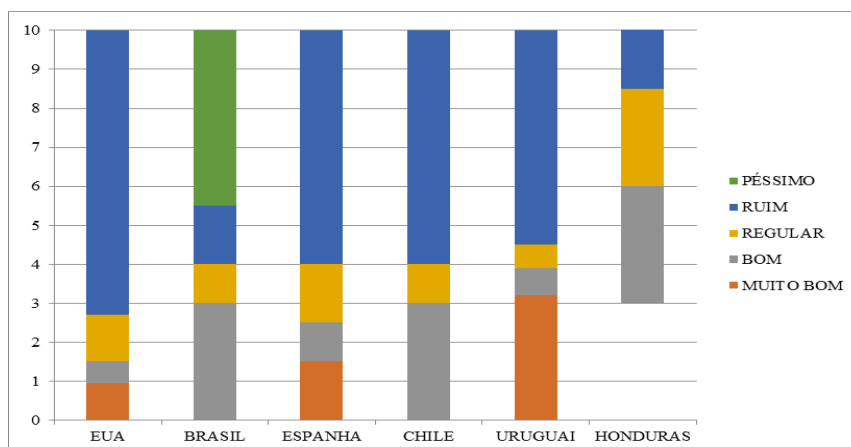
**Tabela 1:** Padrões de IRI – DNIT.

Irregularidade Superficial	Classificação
$IRI < 3$	BOM
$3 < IRI < 4$	REGULAR
$4 < IRI < 5,5$	MAU
$IRI > 5,5$	PÉSSIMO

Fonte: Manual de Gerência de Pavimentos (2011) – Publicação IPR 745.

Para Benevides (2006) o IRI é um parâmetro internacional que pode ser entendido em qualquer país. O valor três para o IRI, representa o mesmo grau de irregularidade, seja no Brasil, nos Estados Unidos ou no Paquistão. Porém, cada país estabelece o seu limite de aceitabilidade para o valor do IRI, considerando além das condições específicas, o grau de importância atribuído pelos usuários à irregularidade quando das avaliações dos pavimentos.

De forma a comparar valores internacionais de padrão de IRI, é apresentado na Figura 4 o comparativo dos índices, adaptado dos valores de Farias e Souza (2002). Constatou-se que o padrão de exigência das Rodovias americanas é ligeiramente superior aos dos demais países, e para as Rodovias Brasileiras, a classificação se aproxima entre os padrões americanos e espanhóis.



**Figura 4:** Padrões internacionais de IRI.

Fonte: Adaptado Farias e Souza, 2002.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados dos levantamentos realizados foram fornecidos pelo DNIT, sendo o produto fornecido objeto do Contrato TT nº 00 00369/2012, formalizado entre a Autarquia e Consórcio STRATA/DYNATEST.

##### 4.1. Área de estudo

O trecho de estudo deste trabalho está localizado na Rodovia BR-060 que corta o Estado de Goiás, ligando o sudoeste ao nordeste do Estado, e passa por regiões de grande potencial agropecuário. A rodovia atende ao tráfego de longa distância, enquanto que as vias marginais atende o tráfego local, principalmente composto por veículos de passeio e ônibus do transporte coletivo, é apresentado na Figura 5, parte da obra de duplicação concluída.



**Figura 5:** Vista da área de estudo BR-060/GO

Fonte: DNIT, 2014

A Tabela 2 mostra informações do segmento do trecho, objeto de estudo deste artigo.

**Tabela 2:** Trecho - Rodovia BR 060/GO.

Rodovia	: BR-060/GO
Trecho	: Div.DF/GO – Div. GO/MS
Subtrecho	: Entr. GO-320 (Indiara) – Entr. GO-164(B)
Segmento	: km 277,8 – km 327,3
Extensão	: 49,50 km
SNV	: 060BGO0230 - 060BGO0232

Segundo informações do DNIT a obra teve seu início em 12/08/2010 e foi concluída em 17/11/2014. A solução executada para pavimentação foi revestimento em concreto asfáltico

faixa “C” modificado com polímero com espessura de 5,00 cm e Blinder em Concreto asfáltico faixa “B” modificado com polímero com espessura de 6,00 cm, faixas de rodovias de 3,60 metros, Classe IA.

#### **4.2 O Levantamento de Campo para Determinação do IRI e Registro por Imagem**

A atividade teve como objetivo o levantamento de campo para determinação do índice de irregularidade longitudinal (IRI) e do valor do afundamento da trilha de roda (ATR). Os levantamentos foram executados conforme procedimento da Classe II (sem contato), seguindo a classificação do “HPMS Field Manual”, por meio de sensores a laser.

Paralelamente foram registradas imagens de alta resolução possibilitando a realização, em escritório, do cadastramento e avaliação de diferentes ocorrências ao longo das rodovias percorridas. A rodovia foi filmada nos dois sentidos, crescente e decrescente dos marcos quilométricos, onde são registradas imagens da pista e acostamento.

Os equipamentos utilizados para a realização da atividade são:

- a) Hodômetro de precisão com erro máximo admissível de 1m/km;
- b) GPS de navegação que permite correção por triangulação instantânea com erro máximo admissível de 10m;
- c) Barômetro digital com erro máximo admissível de 1m;
- d) Uma câmera de alta resolução, que captura imagens (fotografias) de resolução mínima de 4 Mb pixel, de 5 em 5 metros, sincronizada pelo hodômetro do veículo, instalada na parte mais alta do veículo com direcionamento frontal e inclinação mais próxima da ortogonalidade que garanta visibilidade de 15 metros do pavimento de toda pista (crescente e decrescente), obtida a uma distância máxima de três metros do veículo;
- e) Duas câmeras para filmagens instaladas no veículo, uma na parte frontal e outra na parte traseira, afixadas de modo a atender as características de imagens exigidas e detalhadas anteriormente, que capturam uma sequência contínua de imagens (vídeo) a taxa mínima de 30 quadros por segundo, com resolução padrão HD 720 (1280 por 720 pixels);
- f) Perfilômetro composto por sensores a laser com 03 unidades integradas a dispositivos acelerômetros devidamente calibrados para serem utilizados nos serviços de levantamento da irregularidade longitudinal (IRI) e na medida do afundamento de trilhas de roda (ATR). Os levantamentos foram executados conforme procedimento da Classe II (sem contato) e de acordo com a classificação do “HPMS Field Manual”.

Na Figura 6 pode ser observado o veículo utilizado nos levantamentos pelo DNIT, este veículo foi denominado de Veículo de Diagnóstico de Rodovias - VDR.



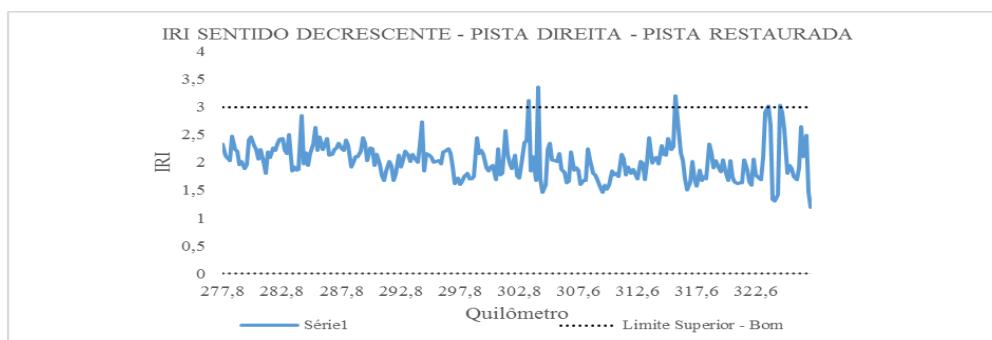
**Figura 6:** Veículo utilizado nos levantamentos

**Fonte:** Diógenes, 2014.

Todos os dados produzidos pelos equipamentos estão sincronizados por registros indexados pelos sistemas de posicionamento composto pelo hodômetro de precisão e GPS.

## 5. RESULTADOS

É apresentado na Figura 7, o gráfico dos resultados obtidos no levantamento realizado na pista restaurada, que fica no sentido decrescente da rodovia. A fim de facilitar a visualização dos resultados, foram inseridos no gráfico os limites estabelecidos pelo DNIT para pavimento em boas condições (IRI variando de 0,0 a 3,0).



**Figura 7:** Resultados IRI - Sentido Decrescente - Pista Direita – Pista Restaurada.  
Fonte: Adaptado DNIT (2013).

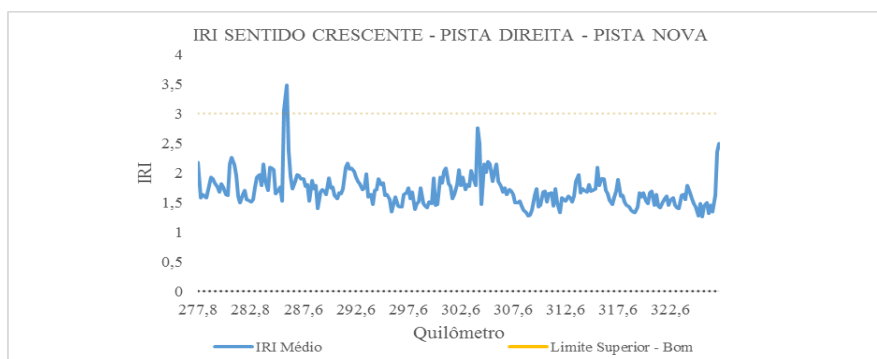
Na verificação a Figura 8 apresentada para o Sentido decrescente da Rodovia, foi possível constatar que o pavimento recentemente implantado se encontra, pelos critérios de classificação do DNIT, em boas condições de utilização, sendo apresentado na Tabela 3 o resumo da classificação dos resultados obtidos.

**Tabela 3:** Resultados IRI – Pista Restaurada - Sentido decrescente - Classificação.

Classificação	Extensão (km)	%
Bom	48,80	97,99%
Regular	1,00	2,01%
Mau	0,00	0,00%
Péssimo	0,00	0,00%

Fonte: Adaptado DNIT (2013).

Na Figura 8 é apresentado o gráfico dos resultados obtidos no levantamento realizado na pista nova, sentido crescente da rodovia.



**Figura 8:** Resultados IRI - Sentido Crescente - Pista Direita – Pista Nova.  
Fonte: Adaptado DNIT (2013).

Analisando a Figura 10 foi possível constatar que o pavimento recentemente implantado se encontra, pelos critérios de classificação do DNIT, em condições boas de utilização, também pode-se constatar que os resultados para a pista nova foram ligeiramente superiores aos da pista restaurada. É apresentado na Tabela 4 o resumo da classificação dos resultados obtidos.

**Tabela 4:** Resultados IRI – Pista Nova - Sentido crescente - Classificação.

Classificação	Extensão (km)	%
Bom	49,40	99,20%
Regular	0,40	0,80%
Mau	0,00	0,00%
Péssimo	0,00	0,00%

**Fonte:** Adaptado DNIT (2013).

Comparando-se os resultados dos levantamentos na pista nova com a pista restaurada, é possível verificar que para a pista nova 99,20 % da extensão encontra-se em boas condições, já a pista restaurada 97,99 %. O resultado reflete que o pavimento novo possui condições de trafegabilidade ligeiramente superiores ao pavimento restaurado.

#### 4.2.1 Avaliação dos Resultados pelo Critério de Recebimento de Obras do DNIT

Por se tratar de um pavimento novo, o DNIT estabelece critérios rigorosos para recebimento das obras rodoviárias, os quais são padronizados na Instrução de Serviço/DG N° 13, de 04 de novembro de 2013. Em resumo, o critério adotado pelo Órgão estabelece a necessidade de realização de medidas de deflexão, apresentação do resumo de controle tecnológico das camadas de pavimento, realização de vídeo registro da obra, medição de flechas de trilho e roda, e realização de medidas diretas de irregularidade - IRI, sendo apresentados na Tabela 5 os padrões exigidos para o IRI.

**Tabela 5:** Padrão DNIT para recebimento de Obras Rodoviárias.

Elemento de Referência	Indicador	Padrões Exigidos
Pavimentos Novos	QI/IRI	Concreto Asfáltico: $QI \leq 30$ cont./km ou $IRI \leq 2,3$ m/km
Pavimentos Restaurados	QI/IRI	Concreto Asfáltico: $QI \leq 35$ cont./km ou $IRI \leq 2,7$ m/km

**Fonte:** Adaptado DNIT (2013).

Conforme já mencionado, no projeto foi previsto a restauração da pista antiga, e implantação de uma nova pista, sendo apresentados na Tabela 6, os resultados para os padrões exigidos pelo DNIT para recebimento de obras, podendo-se constatar que uma extensão total de 3,4 km os resultados não foram aprovados pelo critério do IRI.

**Tabela 6:** Resultados pelo critério de recebimento de obras do DNIT.

Pista	Classificação	Extensão (km)	%
Nova	Aprovado	48,40	97,19
	Reprovado	1,40	2,81
Restaurada	Aprovado	47,80	95,98
	Reprovado	2,00	4,02

**Fonte:** Adaptado DNIT (2013).

Verifica-se que os problemas de regularidade da pista foram pontuais, estando os trechos reprovados em condições regulares pelo critério de classificação do DNIT, todavia, para tais resultados os técnicos do DNIT terão de realizar inspeção *in loco* para verificação dos problemas, e assim constatar se houve falha executiva, ou se há alguma interseção no trecho que provocou certo desnível, como exemplo obras de arte e locais próximos aos retornos.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo foi analisar os resultados do Índice de Regularidade de Pavimento para a priorização da manutenção da malha rodoviária e recebimento de obras pelo DNIT, sendo que o estudo foi realizado na BR-060/GO do km 277,8 – km 327,3, e os resultados encontrados do IRI foram satisfatórios, estando o pavimento em boas condições de regularidade.

Foi verificado que os resultados do IRI devem complementar as exigências do DNIT para recebimento de obras, sendo também importante a realização de outros levantamentos, como por exemplo, a medição das deflexões no pavimento com a utilização de FWD ou Viga Benkelman.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Barella, R. M. (2008) Contribuição para a avaliação da irregularidade longitudinal de pavimentos com perfilômetros inerciais. Tese (Doutorado) apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Benevides, S. A. S. (2006) Modelos de Desempenho de Pavimentos Asfálticos para um Sistema de Gestão de Rodovias Estaduais do Ceará. Tese (Doutorado) apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UF RJ. Rio de Janeiro.
- Benevides, S. A. de S. e; Motta, L. M. G. (2010). Comparação dos valores de irregularidade longitudinal medidos com o perfilômetro a laser com variação do arranjo das posições dos sensores. Transportes, v. XVIII, 2010. Disponível em: <http://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/426>. Acesso em 05/08/2015.
- Bernucci, L.B.; Motta, L.M.G; Ceratti, J.A.P.; Soares, J.B. (2008). Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. 3º reimpressão. Rio de Janeiro. Petrobras e Abeda. 504f.
- BRASIL (2013). Instrução de Serviço/DG nº 13, de 04 de novembro de 2013. Boletim Administrativo do DNIT nº 045, Brasília.
- BRASIL (2011). Manual de gerência de pavimentos. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 189p. (IPR. Publ. 745).
- Farias, M. M.; Souza, R. O. (2002) Irregularidade Longitudinal e sua influência na Avaliação Funcional de Pavimentos. Encontro Nacional de Conservação Rodoviária – VI ENACOR. Brasília.
- Hass, R., Hudson, W.R & Zaniewskij, J. (1994) Modern Pavement Management, Malabar /Florida, Krieger.
- Sayers, M. W. E Karamihas, S. M. (1998) The Little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles. The Regent of the University of Michigan.
- Ksaibati, K. et al. (1998) A Comparison of Roughness Measurements From Laser And Ultrasonic Road Profilers. Florida State. Designation: FL/DOT/SOM/98-425. Florida.

---

Diógenes Costa de Carvalho (diogenes,carvalho@dnit.gov.br)

Lucinei Tavares de Assunção (lucaengenharia@hotmail.com)

Nilo Flávio Campos Rosa Junior (Nilo.junior@dnit.gov.br)

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

Setor de Autarquias Norte | Quadra 03 Lote A, Ed. Núcleo dos Transportes | Brasília/DF | CEP:70040-902