

Análise comparativa entre índices de medida de conforto ao rolamento no Anel Viário de Fortaleza

Comparative analysis between indexes of comfort measure to the bearing in the Ring Road of Fortaleza

Análisis comparativo entre índices de medida de confort al rodamiento en el Anillo Vial de Fortaleza

L'analyse comparative entre les indices de la mesure du confort au roulement dans la rocade de la ville de Fortaleza

Kamila Gonçalves Guedes
kamilagoncalveseng@gmail.com

Francisco Heber L. de Oliveira
heber@det.ufc.br

Resumo

O estudo realizado neste trabalho consiste em uma análise comparativa entre duas metodologias distintas de medida de irregularidade longitudinal realizada ao longo de dois trechos semelhantes da superfície do pavimento rígido na obra de duplicação da Rodovia BR 020-CE (Anel Viário), em Fortaleza-CE e Região Metropolitana. Tais metodologias fornecem índices – Índice de Irregularidade Internacional (IRI) e Índice de Perfil (IP) – que demonstram medidas de conforto ao rolamento que determinado trecho do pavimento proporciona ao usuário, e também apresentam resultados capazes de determinar a liberação ou não do pavimento para o tráfego. Para o IP, o ensaio é realizado por meio de um levantamento com um equipamento do tipo perfilógrafo Califórnia, obtido apenas para soluções de pavimento de concreto. Para o IRI, o ensaio é realizado por meio de um levantamento com um equipamento do tipo perfilômetro inercial a laser, pode ser obtido para qualquer solução de pavimentação. Através dos resultados obtidos para os dois trechos correspondentes, este estudo comprova que através do levantamento realizado pelo perfilógrafo Califórnia é possível ter uma resposta mais precisa sobre a situação do pavimento analisado, uma vez que tal levantamento oferece resultados pontuais para que ocorra, em seguida, intervenção do trecho em estudo.

Palavras-chave: Conforto. Rolamento. Irregularidade Longitudinal. Índice de Perfil.

Abstract

The study carried out in this work consists of a comparative analysis between two different methodologies of longitudinal irregularity measurement along two similar stretches of the surface of the rigid pavement in the duplication work of the Highway BR 020-CE (Ring Road / Anel Viário), in Fortaleza-CE and in your Metropolitan Region. Such methodologies provide indexes of International Irregularity Index (IRI) and Profile Index (IP) - which demonstrate measures of comfort to the bearing that a certain stretch of the pavement provides to the user that travels, and also present results capable of determining release or not from pavement to traffic. The Profile Index (IP), the test is carried out by means of a survey with equipment of the California Profiler type, is obtained only for solutions of concrete pavement, and the International Irregularity Index (IRI), the test is performed by means of a survey with an equipment of the type Inertial Laser Profiler, can be obtained for any solution of paving. Through the results obtained for the two corresponding stretch, this study proves that through the survey carried out by the California Profiler it is possible to have a somewhat more precise answer about the situation of the pavement analyzed once that this survey offers punctual results for the following intervention of the study.

Keywords: Comfort. Bearing. Longitudinal Irregularity. Profile Index.

Resumen

El estudio realizado en este trabajo consiste en un análisis comparativo entre dos metodologías distintas de medida de irregularidad longitudinal a lo largo de dos tramos semejantes de la superficie del pavimento rígido en la obra de duplicación de la Carretera BR 020-CE (Anillo Vial), en Fortaleza-

CE y en su Región Metropolitana. Estas metodologías proporcionan índices - Índice de Irregularidad Internacional (IRI) e Índice de Perfil (IP) - que demuestran medidas de confort al rodamiento que determinado tramo del pavimento proporciona al usuario que el trafega, y, también, presentan resultados capaces de determinar liberación o no del pavimento para el tráfico. El Índice de Perfil (IP), el ensayo se realiza por medio de un levantamiento con un equipo del tipo Perfilógrafo California, se obtiene sólo para soluciones de pavimento de concreto, y el Índice de Irregularidad Internacional (IRI), el ensayo se realiza por medio de un levantamiento con un equipo del tipo Perfilómetro Inercial a Láser, puede ser obtenido para cualquier solución de pavimentación. A través de los resultados obtenidos para los dos tramos correspondientes, este estudio comprueba que a través del levantamiento realizado por el Perfilógrafo California es posible tener una respuesta un tanto más precisa sobre la situación del pavimento analizado, una vez, que tal levantamiento ofrece resultados puntuales para después intervención del trecho en estudio.

Palabras-clave: Confort. Rodamiento. Irregularidad Longitudinal. Índice de Perfil.

Résumé

Cette étude s'agit-elle d'une analyse comparative entre deux méthodes distinctes qui mesurent de l'irrégularité longitudinale dans deux tronçons similaires de la surface du pavement dans le chantier de duplication de l'autoroute BR 020-CE (Rocade) à Fortaleza et sa région métropolitaine. Ces méthodes fournissent des indices – L'Indice de Rugosité International (IRI) et L'indice de profil (IP) – qui démontrent des mesures de confort au roulement qui un tronçon particulier donne à l'utilisateur qui l'utilise. Ces méthodes présentent aussi des résultats capables de déterminer si on doit ou on ne doit pas libérer le pavement pour la circulation. L'Indice de Profil (IP, dont l'essai est effectué par un sondage avec un Profilographe Californie) n'est obtenu que pour des solutions de pavement en béton. L'indice de Rugosité International (IRI, dont l'essai est effectué par un sondage avec un Profilomètre Inertiel) peut être obtenu pour n'importe quelle solution de pavement. Les résultats obtenus dans cette étude montrent que le sondage réalisé par le Profilographe Californie a rendu possible une réponse un peu plus précise sur l'état du pavement analysé, car ce sondage donne des résultats ponctuels pour l'intervention du tronçon étudié.

Mots-clés: Confort. Roulement. Irrégularité Longitudinale Indice de Profil.

1 Introdução

No Brasil, nas primeiras décadas do século XXI, a escolha pelo uso tradicional da solução de pavimento flexível não tem se mostrou a melhor. Isto devido a, entre outros fatores, constantes aumentos de preço dos derivados do petróleo (principal componente do pavimento asfáltico), constante manutenção exigida por essa solução de pavimentação, bem como a crescente necessidade de estruturas mais resistentes e com maior vida útil para ajustarem-se ao crescente tráfego de veículos. A partir daí, a escolha pela solução de pavimento rígido ganhou força. Em condições regulares, esse tipo de pavimento apresenta vida útil acima de 40 anos, exige manutenção mínima e proporciona economia de gastos de conservação em até 10 vezes quando comprado a outras opções de pavimento. Em outras palavras, durabilidade e resistência são apresentadas como trunfos para tal solução de pavimentação (SANTOS, 2012).

As condições em que se encontra uma determinada rodovia estão diretamente ligadas com os custos operacionais dos veículos que nela trafegam. O conforto ao rolamento impacta os veículos e os usuários, e pode acarretar um maior tempo de viagem e maior custo operacional relacionado, por exemplo, à manutenção, ao combustível, entre outros.

Tendo por base a correlação entre os custos operacionais e as irregularidades encontradas na superfície dos pavimentos, surgiram sistemas de planejamento e gerenciamento de pavimentos com a necessidade de expressar a capacidade do pavimento em suportar ações de cargas externas e intempéries ao longo de um dado período de tempo, para garantir condições de segurança e, principalmente, conforto ao usuário, conforme Oliveira (2015).

Ao longo do tempo, algumas metodologias foram surgindo com a necessidade de analisar, através de índices, tais características. Entre outros índices avaliadores de conforto ao rolamento, o International Roughness Index (Índice de Irregularidade Internacional) – IRI e o Índice de Perfil – IP avaliam o pavimento através de perfis que apresentam resultados de desvios longitudinais ao longo de um determinado trecho da via, obtidos por equipamentos específicos. O IP representa, de modo específico, resultados para as irregularidades encontradas ao longo da superfície de pavimentos rígidos, enquanto

os resultados de IRI podem representar, além de resultados para esse tipo de solução de pavimentação, também resultados para soluções de pavimento flexível (DNIT, 2013).

Diante do que foi apresentado, este trabalho tem por objetivo, realizar uma análise comparativa entre duas metodologias de obtenção da irregularidade longitudinal, o IRI e o IP, no pavimento rígido da BR 020/CE (entre a CE 040 e BR 020/BR 222), Rodovia Anel Viário de Fortaleza/CE e Região Metropolitana.

Durante a execução das obras de duplicação da Rodovia Anel Viário de Fortaleza, o controle tecnológico foi realizado por meio de medidores diretos de deslocamentos longitudinais, obtendo medidas tanto de IRI como de IP com finalidade de verificar a condição de conforto ao rolamento ao longo de sua extensão construída. Em posse dessas informações, tornou-se possível realizar uma análise comparativa para se verificar a existência de uma relação entre esses dois índices de caráter fundamental no que diz respeito às condições funcionais do pavimento.

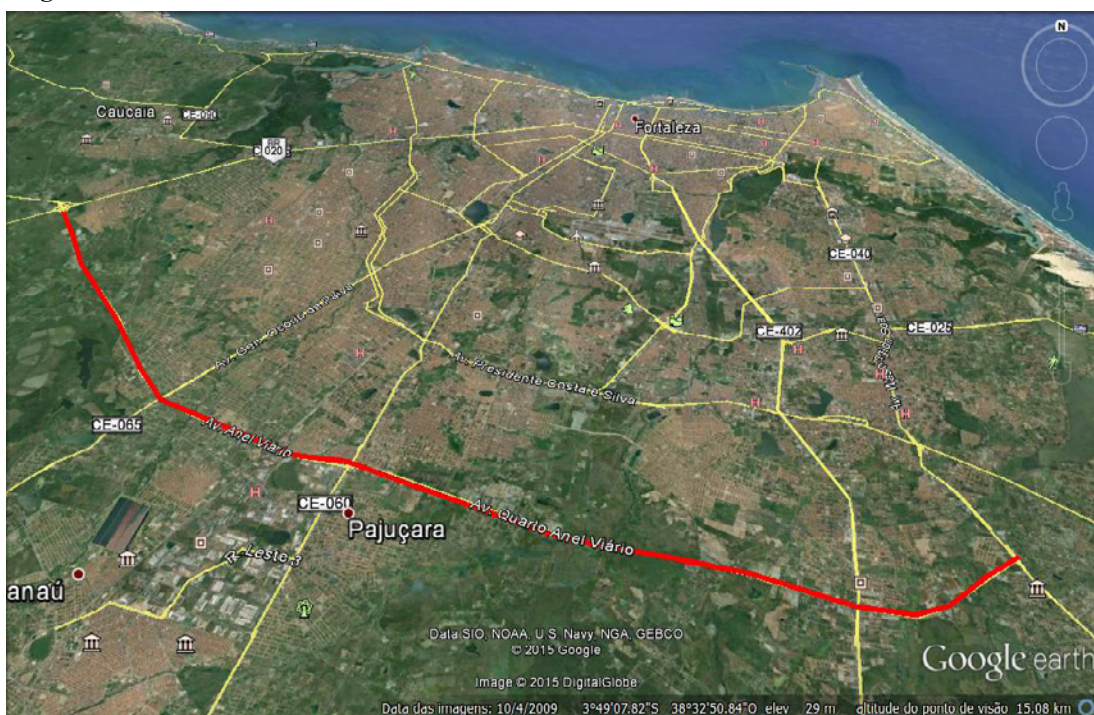
2 Metodologia

A metodologia adotada neste trabalho está fundamentada, sobretudo, nas pesquisas de Guedes (2015), além de normas e recomendações de liberação do pavimento para o tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), cujo assunto abrange sistema de avaliação das condições dos pavimentos, índices e equipamentos de medidas de irregularidade longitudinal ao longo da superfície.

Diante de dados sobre o controle tecnológico da obra de duplicação da Rodovia BR 020/CE – Anel Viário de Fortaleza, fornecidos pelo Departamento Estadual de Rodovias (DER), coletados em setembro/2014 e fevereiro/2015, foi possível realizar uma análise comparativa entre duas metodologias distintas de medida de irregularidade longitudinal a partir dois equipamentos: perfilógrafo Califórnia e perfilômetro inercial a laser, desenvolvido no Brasil.

Tal obra contempla 32,1 km de extensão, sendo 26,1 km de pavimento de concreto e 6 km de pavimento flexível, que ligam as rodovias CE-040 e BR-020, cruzando cinco municípios da Região Metropolitana de Fortaleza (Eusébio, Itaitinga, Maracanaú, Maranguape e Caucaia) e ligando-se ao Porto do Pecém. A duplicação inclui a construção de três pontes, sobre os rios Coaçu, Gavião e Siqueira, e de quatro viadutos no Conjunto Novo Metrôpole, no entroncamento da BR-222 e BR-020, na CE-065 e na CE-060. A figura 1 mostra, por meio da linha vermelha, a localização da duplicação da Rodovia Anel Viário situada em Fortaleza e Região Metropolitana.

Figura 1: Rodovia Anel Viário

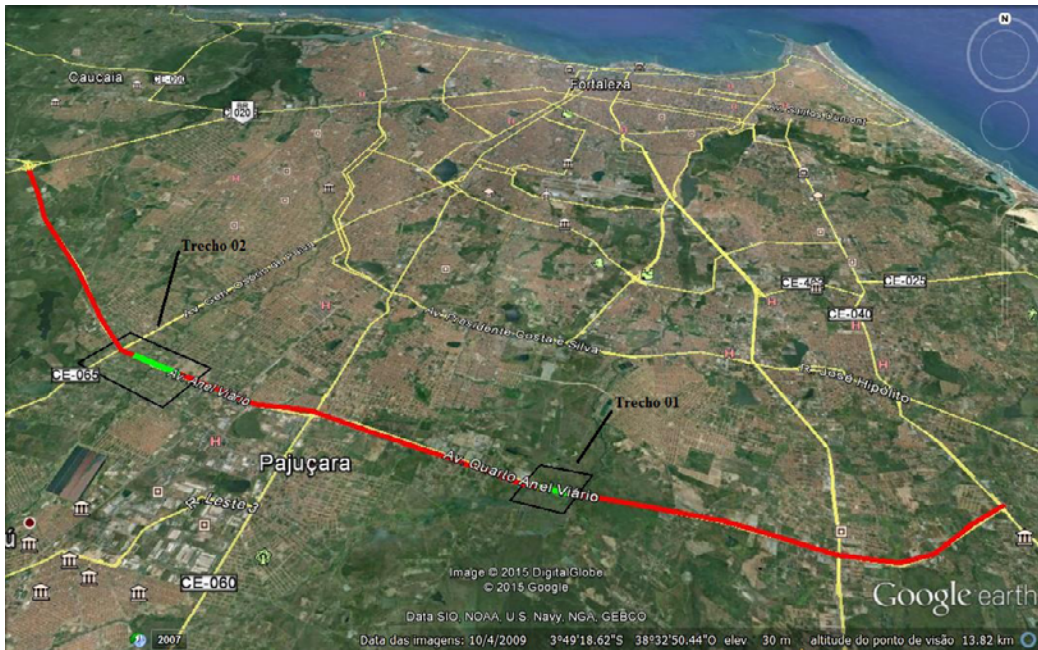


Fonte: Google Earth, 2015.

Examinando os dados fornecidos, foram identificados dois trechos que apresentavam resultados tanto de IRI quanto de IP, correspondendo a uma extensão de 1,85 km, denominados por: Trecho 1, de 0,65 km, localizado entre o cruzamento com a Avenida Dionísio Leonel Alencar e as proximidades do Novo Mondubim; e o segundo, por Trecho 2, de 1,20 km, localizado entre o cruzamento com a Avenida Cônego de Castro e o cruzamento com a CE-065. Ambos compuseram a amostra em estudo em tal trabalho.

A figura 2 apresenta os trechos analisados ao longo da extensão total da obra de duplicação, e as figuras 3 e 4 apresentam o mapa de situação dos trechos Trecho 1 e 2, respectivamente.

Figura 2: Mapa de situação dos trechos analisados



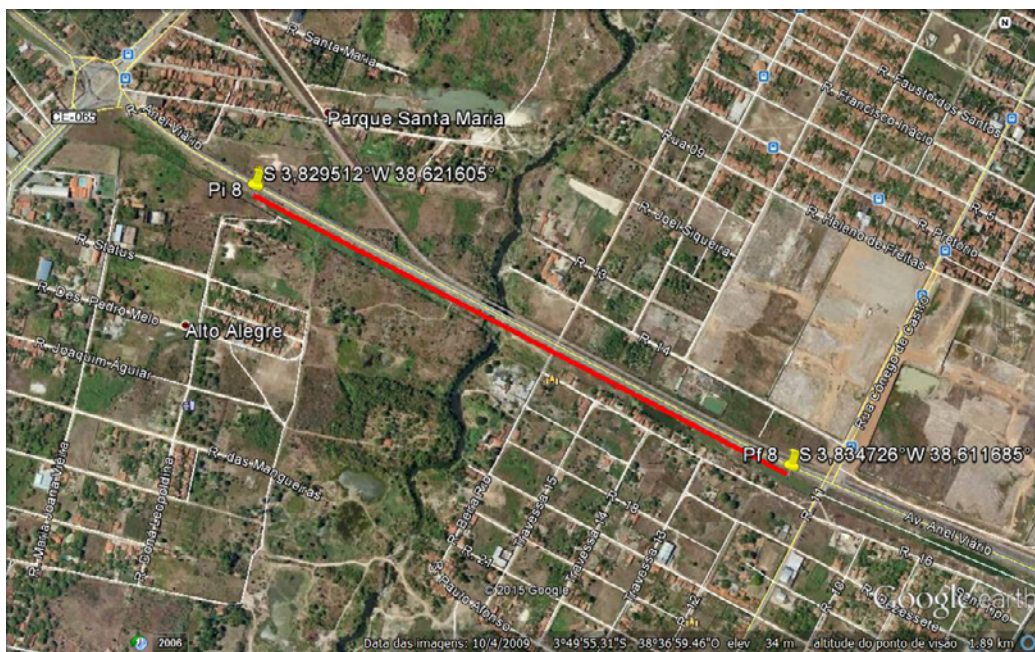
Fonte: *Google Earth*, 2015 (adaptado).

Figura 3: Mapa de situação Trecho 1



Fonte: *Google Earth*, 2015 (adaptado).

Figura 4: Mapa de situação Trecho 2



Fonte: *Google Earth*, 2015 (adaptado).

As figuras 5 e 6 mostram, respectivamente, os dois trechos com o pavimento executado.

Figura 5: Av. Quarto Anel Viário, pavimento executado – Trecho 1



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Figura 6: Av. Quarto Anel Viário, pavimento executado – Trecho 2



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

Em ambos os levantamentos, os resultados obtidos contemplam as duas faixas de tráfego, sendo adotado o sentido Sobral-Fortaleza. Salientando que, para o levantamento realizado com o perfilógrafo Califórnia, o equipamento percorre as trilhas de roda (*track*) em sentidos contrários, iniciando o levantamento percorrendo a primeira trilha de roda (*track 1*) no sentido Sobral-Fortaleza. Em seguida, sobre a segunda trilha de roda (*track 2*), percorrendo o sentido Fortaleza-Sobral.

Para obtenção dos perfis longitudinais, para a posterior determinação de resultados de IRI e IP, foram utilizados dois equipamentos de medida, o perfilógrafo do tipo Califórnia e o perfilômetro inercial a laser, respectivamente.

3 Resultados e discussão

Para resultados de IRI, foram analisados, no total dos levantamentos efetuados, treze segmentos nas duas faixas de tráfego, no qual estão compreendidos os trechos 1 e 2. Em seguida, foi calculada uma média, = de IRI para cada segmento em estudo, obtida entre os resultados das duas faixas de tráfego. As informações foram totalizadas a cada 200 metros da rodovia, compreendendo 19 km, aproximadamente, de extensão total dos segmentos estudados. Os levantamentos foram realizados nos dias 19 e 20 de fevereiro de 2015, no período noturno.

A tabela 1 mostra de maneira resumida os resultados de IRI médio para cada faixa de tráfego e os resultados de IRI médio referente a cada segmento realizado por meio do perfilômetro inercial a laser.

Tabela 1 – Resultados de IRI da os segmentos estudados

Segmentos	Coordenadas Geográficas		IRI (m/km)		IRI médio (m/km)
	Ponto Inicial	Ponto Final	Faixa 1	Faixa 2	
(1) Ponte Gavião – BR-116	S 3,860568° W 38,537227°	S 3,870573° W 8,502463°	2,68	2,59	2,64
(2) TNT – BR-116	S 3,868848° W 38,507738°	S 3,870365° W 38,502425°	2,47	2,57	2,52
(3) BR-116 – CE-040	S 3,872659° W 38,494952°	S 3,865595° W 38,473963°	2,15	2,15	2,15
(4) Ponte Gavião – CE-060	S 3,846340° W 38,575510°	S 3,850700° W 565270°	2,44	2,65	2,55
(5) Canteiro da Galvão – Ponte Gavião	S 3,851121° W 38,564434	S 3,857628° W 38,549142°	2,41	2,17	2,29
(6) Torre de Transmissão – Ponte Gavião	S 3,858220° W 38,545804°	S 3,859494° W 38,540197°	1,67	1,91	1,79
(7) Estação - CE-060	S 3,840869° W 38,597498°	S 3,842834° W 38,591925°	2,53	2,48	2,50
(8) CE-065 – Depósito Rabelo	S 3,829512° W 38,621605°	S 3,834726° W 38,611685°	2,10	1,92	2,01
(9) Cemitério Memorial – CE-065	S 3,815202° W 38,634260°	S 3,825434° W 38,627056°	2,37	Faixa 1 - Pista 2 2,28	2,33
(10) BR-222 - Cemitério Parque da Saudade	S 3,798297° W 38,645184°	S 3,801259° W 38,642721°	1,99	1,91	1,95
(11) Segmento sem Ponto de Referência 1	S 3,778570° W 38,659499°	S 3,797216° W 38,646028°	2,28	2,36	2,32
(12) Segmento sem Ponto de Referência 2	S 3,767500° W 38,665650°	S 3,777800° W 38,659880°	2,43	2,55	2,49
(13) Rabelo - Estação	S 3,835152° W 38,610929°	S 3,838460° W 38,602450°	2,68	2,56	2,62

Fonte: DER/CE, 2015 (adaptado).

Sobre a tabela 1, vale salientar que, no segmento (9) Cemitério Memorial – CE-065, o levantamento não ocorreu nas duas faixas de tráfego como nos outros segmentos. Ele foi realizado sobre a mesma faixa, faixa 1, duas vezes. O segmento (6) Torre de Transmissão – Ponte Gavião, referente ao trecho 1, apresentou o menor resultado de IRI médio, tanto para as faixas de tráfego quanto para o segmento. O segmento (1) Ponte Gavião apresentou o maior IRI médio entre as duas faixas, ressaltando que o IRI médio da faixa 1 do segmento (13) Rabelo – Estação apresentou mesmo valor de IRI médio, e para o segmento.

Analogamente, porém por meio do perfilógrafo Califórnia, foram analisados três segmentos. Dois segmentos, 1 e 3, foram analisados nas duas faixas de tráfego; e o outro, segmento 2, foi analisado em apenas uma das faixas de tráfego, a faixa 2, no sentido Sobral-Fortaleza. Compreendendo, no total, aproximadamente 3 km de extensão ao longo da rodovia em estudo. Os resultados estão apresentados de maneira resumida na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados de IP

Segmento	Coordenadas Geográficas		Extensão	IP (mm/km)		IP médio (mm/km)
	Início	Fim		Faixa 1	Faixa 2	
1	3 51' 38.37" S 38 32' 13.12" W	3 51' 46.00" S 38 31' 40.49" W	1,08	345,445	436,479	390,962
2	3 51' 30.38" S 38 32' 42.26" W	3 51' 34.38" S 38 32' 24.98" W	0,66	-	123,126	123,126
3	3 50' 5.20" S 38 36' 41.97" W	3 49' 46.15" S 38 37' 17.80" W	1,30	250,190	287,320	268,755

Fonte: DER/CE, 2014 (adaptado).

Os levantamentos, realizados por meio do perfilômetro inercial a laser e do perfilógrafo Califórnia foram realizados nos dias 13 e 16 de setembro de 2014, no período diurno. Na manhã do dia 16 de setembro, com clima nublado, foi feito o levantamento referente ao segmento 2; e nas tardes dos dias 13 de setembro e 16 de setembro, com condição de sol, foram feitos os levantamentos referente aos segmentos 3 e 1, respectivamente, ausentes da influência de imperes.

Ressalta-se que as extensões dos segmentos foram consideradas segundo dados de estaqueamento definido e as coordenadas geográficas foram representadas pelo início e pelo fim do *track* 1 de cada segmento (por questões de padronização, já que de um *track* para outro não há muita variação de posição geográfica).

Diante da comparação das coordenadas geográficas fornecidas nos dois levantamentos, foi possível identificar os trechos nos quais as duas metodologias foram utilizadas, já definidos anteriormente como trecho 1 e trecho 2, estes dispostos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Resultados de IRI e IP dos segmentos correspondentes

Coordenadas Geográficas		Trechos Semelhantes		IRI (m/km)		IRI médio (m/km)	IP (mm/km)		IP médio (mm/km)
Início	Fim	Segmento IRI	Segmento IP	Faixa 1	Faixa 2		Faixa 1	Faixa 2	
S 3,858220° W 38,545804°	S 3,859494° W 38,540197°	(6) Torre de Transmissão - Ponte Gavião	Segmento 2	1,67	1,91	1,79	-	123,126	123,126
S 3,829512° W 38,621605°	S 3,834726° W 38,611685°	(8) CE-065 - Depósito Rabelo	Segmento 3	2,1	1,92	2,01	250,190	287,320	268,755

Fonte: DER/CE, 2014 (adaptado).

Tabela 4 – Resultados de IRI e IP para os Trechos 1 e 2

Trechos	Extensão (km)	IRI (m/km)	IP (mm/km)
01	0,65	1,79	123,126
02	1,2	2,01	268,755

Fonte: DER/CE, 2014 (adaptado).

A extensão final de 1,85 km foi considerada, levando-se em conta as coordenadas geográficas iniciais e finais do obtidas no levantamento realizado pelo perfilômetro inercial a laser, para garantir que toda a extensão delimitada fosse analisada.

Segundo o DNIT (2013), o controle de irregularidade longitudinal deve ser realizado por meio de um perfilógrafo Califórnia, que fornece o registro de perfil longitudinal para o posterior cálculo de IP. Valores de IP inferiores ou menores que 240mm/km são aceitos, excedendo-se esse resultado as atividades são suspensas com sua liberação permitida apenas depois da realização dos reparos.

Como medida alternativa, outra forma de controlar a irregularidade longitudinal encontrada nas superfícies dos pavimentos se dá por meio de um levantamento realizado com um perfilômetro, com ou sem contado, capaz de também fornecer perfis longitudinais para posterior cálculo de IRI (DNIT, 2013).

Para valores maiores que 2,70m/km, as atividades não são aceitas para solução de pavimento de concreto. Para soluções de pavimento flexível ou semirígido, no caso de pavimentos novos, esses valores estão compreendidos entre 2,30m/km para concreto asfáltico ou 2,50m/km para tratamentos superficiais ou misturas do tipo CPA (Camada Porosa de Atrito), SMA (*Stone Matrix Asphalt* – Matriz Pétreo Asfáltica), GAP – GRADED (Mistura Sem Agregados de Certa Graduação) e pavimentos restaurados 2,70 m/km para concreto asfáltico e 3,00 m/km para tratamentos superficiais ou misturas do tipo CPA, SMA, GAP – GRADED. (DNIT, 2013). De acordo com os valores médios apresentados na tabela 4, os valores de IRI médio, nos dois trechos comuns, são aceitos. Já para os valores de IP médio, apenas o trecho 1 apresentou valor aceitável. Porém os resultados encontrados de IP, como sugerido pela própria unidade de medida (mm/km), representam desvios ou irregularidades pontuais. Por essa razão, o levantamento com o perfilógrafo Califórnia é realizado na fase de execução do pavimento, permitindo que a intervenção seja feita antes da liberação do trecho em estudo.

4 Conclusão

Diante da importância dos levantamentos da condição de conforto ao rolamento dos pavimentos rodoviários, consegue-se verificar que, para pavimentos com soluções diferentes, como o caso de pavimentos de revestimento asfáltico e de concreto, metodologias distintas existem com a finalidade de avaliá-lo de uma maneira mais eficiente.

Para pavimentos rígidos, além da possibilidade de se estudar por métodos também utilizados em pavimentos flexíveis, expresso por valores de Índice de Irregularidade Internacional, existe um levantamento específico para se analisar a condição de conforto ao rolamento que o pavimento rígido oferece, expressa por resultados de Índice de Perfil.

De acordo com este trabalho, o levantamento feito com o uso do perfilógrafo Califórnia, que fornece Índice de Perfil médio, oferece uma resposta um tanto mais precisa sobre a situação do pavimento e sobre a aceitação quanto à irregularidade existente em relação aos resultados obtidos pelos estudos realizados com o uso do perfilômetro inercial a laser.

A resposta mais acurada referente ao levantamento realizado com o perfilógrafo Califórnia se justifica, talvez, pelo fato de tal equipamento ter sido desenvolvido especificamente para esse tipo de pavimento, além da capacidade de tal levantamento indicar o local provável da intervenção no trecho estudado. Já no levantamento com o uso do perfilômetro inercial a laser a ocorrência de distorção nos dados pode ser dada até por conta da cor mais clara, característica do concreto, ou mesmo pela presença de areia sobre a superfície estudada.

Referências

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **DNIT 049/2013-ES: Pavimento rígido - Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes - Especificação de serviço.** Rio de Janeiro: DNIT, 2013.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE RODOVIAS DO ESTADO DO CEARÁ - DER/CE. **Levantamentos realizados pelo equipamento Perfilógrafo Califórnia.** Fortaleza: DER/CE, 2014.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE RODOVIAS DO ESTADO DO CEARÁ - DER/CE. **Levantamentos realizados pelo equipamento Perfilômetro Inercial a Laser** Fortaleza: DER/CE, 2015.

GUEDES, Kamila Gonçalves. **Análise comparativa entre Índices de Medida de Conforto ao Rolamento no Anel Viário de Fortaleza.** 2015. Trabalho de Conclusão de Curso [Graduação em Engenharia Civil] - Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2015.

GOOGLE EARTH. **Imagens aéreas da Rodovias Anel Viário. Fortaleza/CE.** Disponível em: <<https://earth.google.com/web/>>. Acesso em: 14 set. 2015.

OLIVEIRA, Francisco Heber Lacerda de. **Disciplina Pavimentação e Drenagem.** Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2015. Notas de aula.

SANTOS, Altair. Ceará entra na era do pavimento em concreto: anel viário no entorno de Fortaleza terá 32 quilômetros e está entre as cinco principais obras de infraestrutura do estado. **Massa Cinzenta.** Ceará, 17 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/ceara-entra-na-era-do-pavimento-em-concreto/>>. Acesso em: 22 jan. 2015.

Sobre os autores

Kamila Gonçalves Guedes

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade de Fortaleza (2015) – Unifor.

Francisco Heber L. de Oliveira

Doutor em Engenharia de Transportes pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará - UFC. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará - UFC. *Affiliate Member in the American Society of Civil Engineers - ASCE*. Tem experiência em Planejamento do Transporte Aéreo, Operação, Manutenção e Reabilitação de Infraestruturas Aeroportuárias, especialmente em pavimentos de pátios e de pistas de pouso e decolagem.

Recebido em: 05/02/2018

Avaliado em: 03/06/2018

Aceito em: 04/06/2018