

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO POR MEIO DO VSA E DO IRI OBTIDO COM O APLICATIVO SMARTIRI: ESTUDO DE CASO APLICADO À RODOVIA CE-401

Cecília Catarina Oliveira de Castro

Elisa da Silva Sousa

Victor Cardoso Oliveira

Lucas Cavalcante de Almeida

Francisco Heber Lacerda de Oliveira

Universidade Federal do Ceará

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes

RESUMO

Este trabalho fez uma análise comparativa dos resultados da avaliação das condições superficiais da Rodovia CE-401 nos anos de 2017, 2018 e 2019, localizada na cidade de Fortaleza, no Nordeste brasileiro, a partir do *International Roughness Index* - IRI, obtido pelo SmartIRI, e do Valor de Serventia Atual (VSA), definido pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Verificou-se uma forte correlação entre os dados de irregularidade longitudinal, obtidos pelo SmartIRI, e o VSA, indicando que o aplicativo reflete bem a sensibilidade do usuário em relação às condições superficiais da via. Assim, o SmartIRI se mostra como uma ferramenta eficiente e prática, que pode auxiliar os gestores a tomarem decisões referentes às atividades do Sistema de Gerência de Pavimentos.

ABSTRACT

This work made a comparative analysis of the results of the surface conditions of the road CE-401 in the years 2017, 2018 and 2019, located in the city of Fortaleza, in the Brazilian Northeast, based on the International Roughness Index (IRI) obtained by SmartIR, and the Current Service Value (VSA), defined by the National Department of Transport Infrastructure. There was a strong correlation between the longitudinal irregularity data, obtained by SmartIRI and the VSA, indicating that the application reflects well the user's sensitivity to the superficial conditions of the road. Thus, SmartIRI is an efficient and practical tool that can help managers to make decisions regarding the activities of the Pavement Management System.

1. INTRODUÇÃO

O modo rodoviário é o principal sistema logístico do Brasil, sendo responsável pela maior parte do escoamento de cargas (cerca 60%) e transporte de pessoas (em torno de 90%), além de beneficiar diversos segmentos sociais (CNT, 2018). Sendo assim, o desenvolvimento econômico do Brasil depende das condições de suas rodovias, mas o país está muito aquém do ideal. A pesquisa realizada pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), em 2018, mostrou que cerca de 57% dos 107.161 km analisados apresentavam algum problema relativo ao estado geral (condição do pavimento, sinalização ou geometria da via) (CNT, 2018).

As boas condições de trafegabilidade são obtidas quando existe um desempenho adequado do comportamento estrutural e superficial do pavimento. Na ótica do usuário, as condições superficiais são mais notadas, uma vez que influencia diretamente na sensação de conforto ao trafegar pela via. No Brasil, um dos métodos utilizados para verificar tal conforto, de forma subjetiva, é o Valor de Serventia Atual (VSA). Outro parâmetro ligado as condições superficiais do pavimento é o *International Roughness Index* (IRI), que indica o nível de irregularidade na superfície analisada, estando, portanto, também relacionada ao conforto do usuário, uma vez que altos níveis de irregularidades afetam a qualidade do passeio experimentada por ele. Além disso, a falta de conservação das rodovias pode ocasionar diversos problemas, tais como: aumento do custo operacional dos veículos, aumento do tempo de viagem e do grau de severidade dos acidentes, comprometendo a segurança viária.

Assim, para proporcionar o adequado desempenho do pavimento ao longo de sua vida útil, de modo a garantir conforto e segurança aos usuários, devem ser realizadas avaliações acerca das situações estrutural e funcional. Tais avaliações, geralmente, envolvem processos que demandam a aquisição de equipamentos de custo elevado, necessitando de mão de obra qualificada e envolvendo a interrupção de tráfego por longos períodos, podendo com isso corroborar para a falta de sua realização mais frequente. Contudo, os Sistemas de Gerência de Pavimentos (SGP) têm recebido grandes contribuições com o avanço da tecnologia, como por exemplo, os aplicativos para *smartphones* que possibilitam a coleta de dados de forma mais prática e sem grandes interferências do operador. Em 2018, foi desenvolvido o SmartIRI, capaz de medir as irregularidades apresentadas pela superfície do pavimento (Almeida, 2018).

Diante do exposto, este trabalho busca avaliar as condições superficiais em uma rodovia por meio de dois métodos distintos, sendo eles uma avaliação subjetiva e uma avaliação da irregularidade longitudinal obtida por meio do aplicativo para SmartIRI, e compará-los, afim de verificar a aplicabilidade de novas tecnologias na gerência de pavimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O atendimento do conforto ao rolamento significa economia nos custos de transportes, modelo empíricos de desempenho mais antigos já mostravam claramente a correlação entre a irregularidade e os custos operacionais (GEIPOT, 1981; Robinson, 1986). Esses modelos são empregados em planejamento e em manutenção e gerência de pavimentos (Bernucci *et al*, 2006).

2.1 Valor de Serventia Atual (VSA)

A avaliação funcional de um pavimento relaciona-se à apreciação da superfície dos pavimentos e como este estado influencia no conforto ao rolamento (Robinson, 1986). O primeiro método para a avaliação funcional foi o da serventia de um dado trecho de pavimento, idealizada por Carey e Irick (1960) nas pistas experimentais norte-americanas (AASHTO, 1993). O Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT) se baseou nos pesquisadores citados e normatizou o procedimento denominado Valor de Serventia Atual. O VSA é uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5, obtida através de uma média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um trecho determinado na velocidade local (DNIT, 2003).

O conforto ao rolamento vai depender da qualidade executiva e do tipo de revestimento. O VSA vai diminuindo com o avanço da vida útil do pavimento. Dois fatores contribuem fortemente para o avanço da irregularidade: o tráfego e as intempéries, ainda segundo os autores para trechos recém executados, o ideal é que o VSA seja igual a 5 (sem irregularidades), mas na prática não existe essa perfeição (Bernucci *et al*, 2006).

Os veículos trafegam pelo pavimento e causam um impacto através de sua carga, esses incrementos de carga geram deformações nas trilhas de roda. Caminhões e ônibus ao trafegarem sobre essas trilhas têm sua carga estática acrescida devido a efeitos dinâmicos potencializando o decréscimo da serventia, ou seja, reduzindo o conforto ao rolamento (Fernandes e Barbosa, 2000).

A água da chuva contribui diretamente para a redução da serventia, haja visto que as partículas de água penetram nas fissuras do revestimento e “carregam” os materiais do revestimento e das

camadas granulares reduzindo a capacidade de suporte do pavimento. Temperaturas elevadas reduzem a viscosidade dos ligantes asfálticos e a resistência do revestimento às deformações permanentes, temperaturas baixas podem provocar o trincamento do revestimento por retração, logo temperaturas mais extremas também tem sua contribuição na redução do VSA (Bernucci *et al*, 2006). O limite de aceitabilidade do VSA seja 2,5 para rodovias de alto volume de tráfego e 2,0 para as demais, ou seja, sempre que o VSA atingir esses valores é recomendado que haja manutenções corretivas na rodovia, a Figura 1 ilustra graficamente essa recomendação (AASHTO, 1993; DNIT, 2011).

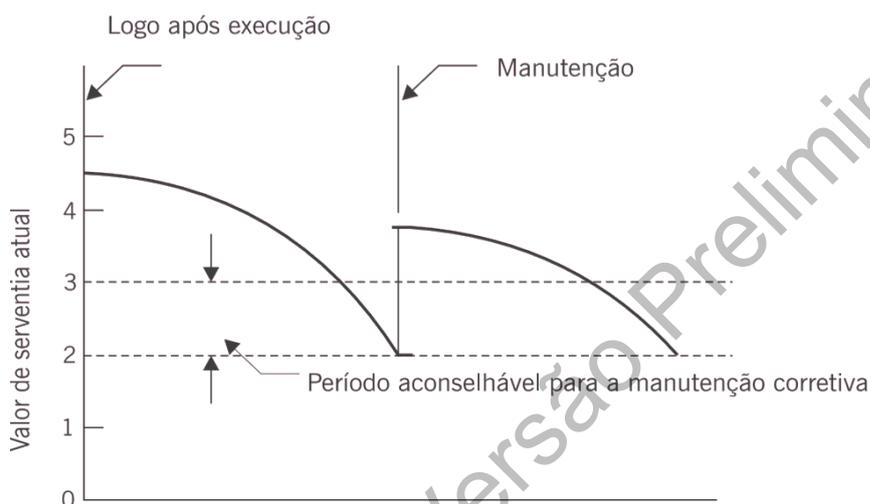


Figura 1: Período recomendável para a manutenção dos pavimentos (Bernucci *et al*, 2006)

2.2 Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI)

A irregularidade longitudinal é o somatório dos desvios da superfície de um pavimento em relação a um plano de referência ideal de projeto geométrico (Bernucci *et al*, 2006). Denominasse IRI – *International Roughness Index* (Índice de Irregularidade Internacional) o parâmetro utilizado para medida da irregularidade sendo um índice estático, expresso em m/km ou mm/m, que quantifica os desvios da superfície do pavimento em relação à de projeto.

A irregularidade longitudinal é medida ao longo de uma linha imaginária, paralela ao eixo da estrada e, em geral, coincidente com as regiões de trilhas de roda, podendo, em alguns casos, haver o interesse de melhor detalhar o perfil, levantando-o em diversas linhas paralelas imaginárias. A linha de levantamento longitudinal possui uma largura variável de alguns milímetros a centímetros, o que depende do tipo de equipamento empregado (DNIT, 2011).

A irregularidade longitudinal afeta a dinâmica dos veículos, o efeito dinâmico das cargas, a qualidade ao rolamento e a drenagem superficial da via. Na Figura 2, mostra as faixas de variação do IRI em diversas situações (Sayers e Karamihas, 1998). A escala do IRI nos pavimentos brasileiros pode variar de 0 a 10 (m/km) para pavimentos em concreto asfáltico ou tratamento superficial e 0 a 24 (m/km) para estradas não pavimentadas (Medina e Motta, 2015).

A irregularidade pode ser medida por meio de levantamentos topográficos ou por equipamentos medidores do perfil longitudinal com ou sem contato com a superfície, ou ainda indiretamente avaliada por equipamentos do tipo resposta, que fornecem um somatório de desvios do eixo de um veículo em relação a suspensão (Bernucci *et al*, 2006). Quanto melhor o nível de acurácia

na coleta da irregularidade do pavimento geralmente mais dispendioso é o levantamento.

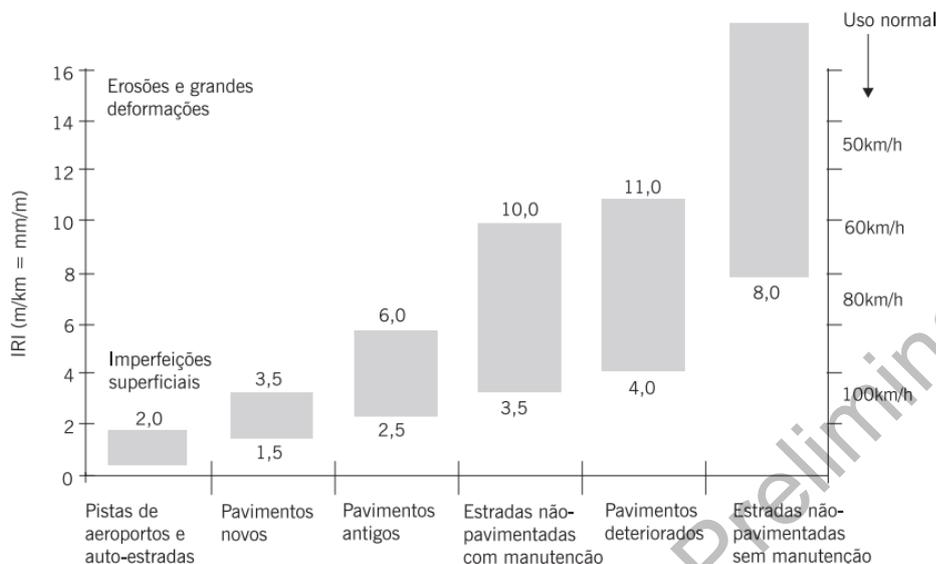


Figura 2: Faixas de variação do IRI (Sayers e Karamihas, 1998)

2.3 SmartIRI

O levantamento do IRI através de um aparelho de celular pode ser uma alternativa de baixo custo. Almeida (2018) utilizou os dados de Bisconsini (2016) para obtenção do modelo de correlação entre a Raiz da Média Quadrática da Aceleração Vertical (RMSVA - *Root Mean Square Vertical Acceleration*) com o IRI, posteriormente desenvolveu o aplicativo SmartIRI e o calibrou com o outro aplicativo de referência, o *Roadlab*. O SmartIRI fornece os valores de IRI, velocidade e as coordenadas do levantamento. O aplicativo utiliza como ferramenta sensores presentes em smartphones, tais como o acelerômetro e o sensor do Sistema de Posicionamento Global, ao fim do levantamento, exporta os valores de RMVA, IRI, longitude e latitude a cada medição. Recomenda-se que, para o bom desempenho do aplicativo: a velocidade percorrida para o levantamento seja de 60 km/h; o levantamento ocorra em segmentos de 100 metros, aproximadamente; e o veículo utilizado seja de passeio, do tipo médio-padrão e esteja em boas condições de suspensão (DNER, 2003).

Uma nova classificação para o resultado de IRI *versus* condição de trafegabilidade do trecho foi proposta (Tabela 1), pois desenvolveu sua pesquisa numa localidade que havia predominância de Tratamento Superficiais e devido a essa característica do revestimento asfáltico apresenta valores de irregularidade maiores se comparados a Concretos Betuminosos Usinados à Quente (Almeida, 2018).

Tabela 1: Classificação das condições de trafegabilidade proposta para o SmartIRI

Condições de trafegabilidade	DNIT(2011) (m/km)	HDM-4 (PIARC, 2010) (m/km)	SmartIRI (Almeida, 2018) (m/km)
Excelente	-	-	IRI < 2
Boa	IRI ≤ 2,7	IRI ≤ 2	2 ≤ IRI < 4
Regular	2,7 < IRI ≤ 3,5	2 < IRI ≤ 4	4 ≤ IRI < 6
Ruim	3,5 < IRI ≤ 5,5	4 ≤ IRI ≤ 6	6 ≤ IRI
Péssimo	5,5 < IRI	6 < IRI	-

3. METODOLOGIA

Para o estudo, foi analisado um trecho de 4,2 km da Rodovia CE-401, no sentido leste-oeste. Esta dispõe de duas pistas de rolamentos, separadas por um canteiro central, e três faixas de tráfego por sentido, executadas entre os anos de 1997 e 1998, em Concreto Asfáltico Usinado a Quente (CBUQ). Ao analisar a região, observa-se que não há saídas e entradas significativas que alterem de forma expressiva o volume de tráfego ao longo da rodovia, portanto, pode-se considerar que o fluxo é aproximadamente constante e os valores de Volume Médio Diário Anual (VMDa) divididos por classe estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: VMDa da Rodovia CE 401 (Carannante, 2018)

Sentido	Motocicleta	Automóvel	Ônibus	Cami nhão Leve	Caminhão Médio	Caminhão Pesado	Caminhão Ultra pesado	TOTAL
Leste-Oeste	2.408	12.493	670	441	1.043	2.073	3.650	22.777
Leste-Oeste	11%	54%	3%	2%	5%	9%	16%	100%
Oeste-Leste	2.546	10.436	630	468	999	1.876	4.462	21.417
Oeste-Leste	12%	48%	3%	2%	5%	9%	21%	100%

O trecho foi dividido em segmentos de 600 metros, resultando em 7 subtrechos, que pode ser visualizado na Figura 3.

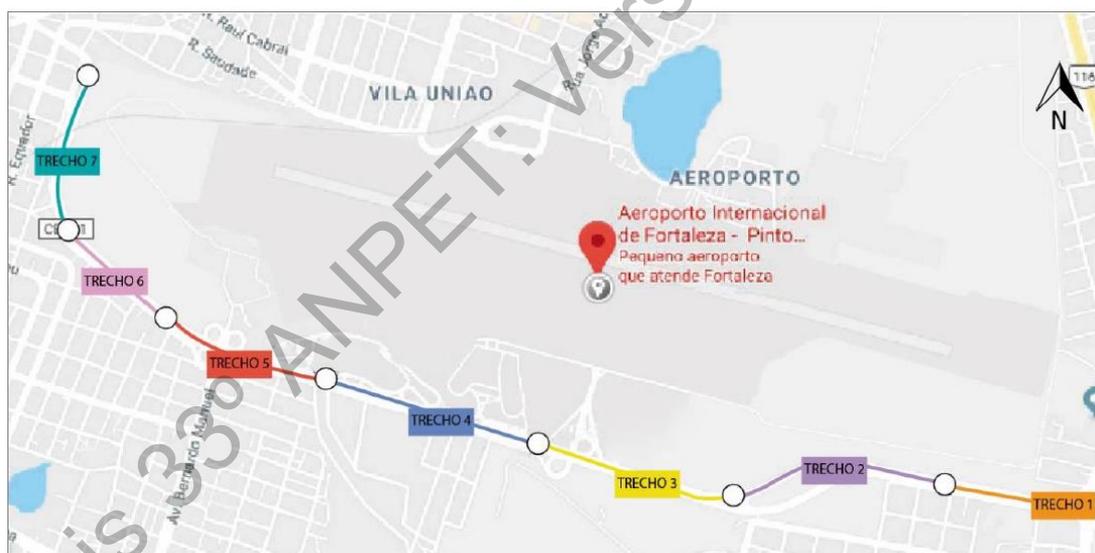


Figura 3: Trecho avaliado da CE-501 (Almeida, 2018)

Foram avaliadas as condições de superfícies do pavimento por meio do VSA e do IRI. Os levantamentos dos dois parâmetros ocorreram em três anos consecutivos: 2017, 2018, 2019, respectivamente nos meses de maio, junho e abril.

A avaliação, por meio do VSA, seguiu as recomendações do DNER (2003) e foi feita por 5 avaliadores, estes tendo em mente os seguintes questionamentos:

- Como se portaria este trecho de pavimento, atendendo à finalidade para a qual foi construído, durante um período de 24 horas por dia, se ele estivesse localizado em uma rodovia principal?
- Qual o conforto que este pavimento me proporcionaria se tivesse que utilizá-lo dirigindo um veículo durante 8 horas?

c) Como me sentiria dirigindo ao longo de 800 quilômetros sobre este pavimento?

Os 5 avaliadores foram divididos em dois veículos, sendo ambos de passeio e do tipo médio-padrão, e foi utilizada uma ficha de avaliação para cada trecho de 600 metros. A nota final de cada trecho é obtida através de uma média aritmética da pontuação atribuída por cada avaliador e o conceito final é apresentado com base na classificação do DNER (2003). Os trechos 1, 2, 3, 6 e 7 foram percorridos a uma velocidade de, aproximadamente 80 km/h, e os trechos 4 e 5, a uma velocidade de, aproximadamente 60km/h, seguindo a recomendação DNER (2003) de realizar os levantamentos com a velocidade próxima ao permitido na via.

O parâmetro referente às irregularidades longitudinais do revestimento, IRI, foi obtido através do *SmartIRI*. O aplicativo fornece dados de irregularidade sobre segmentos de 100 metros, aproximadamente. Dessa forma, para que a comparação dos valores de VSA com o de IRI fosse possível, foi necessário fazer uma média ponderada do segundo parâmetro, afim de obter os valores que correspondessem às irregularidades longitudinais, como um todo, de cada um dos 7 trechos de 600 metros em análise. Em seguida, o valor de IRI resultante para cada trecho foi classificado com base na Tabela 1, anteriormente apresentada.

Após a obtenção dos valores de VSA e IRI dos três anos de análise, esses foram inseridos no *software* Excel e foram plotados gráficos de dispersão, a fim de observar o comportamento dos dados graficamente, bem como avaliar a correlação entre os mesmos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos dados dos levantamentos

Os levantamentos do Valor de Serventia Atual e do IRI, obtido através do aplicativo *SmartIRI*, para o segmento em análise nos anos de 2017, 2018 e 2019. Os resultados estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3: VSA e IRI para 2017, 2018 e 2019

Trecho	2017				2018				2019			
	VSA	Conceito	IRI	Conceito	VSA	Conceito	IRI	Conceito	VSA	Conceito	IRI	Conceito
1	3.4	BOM	3.6	BOM	4.4	ÓTIMO	3.2	BOM	3.2	BOM	3.2	BOM
2	3.9	BOM	3.6	BOM	4.3	ÓTIMO	3.1	BOM	3.2	BOM	3.3	BOM
3	3.9	BOM	3.1	BOM	4.3	ÓTIMO	3.3	BOM	3.2	BOM	3.5	BOM
4	3.9	BOM	3.1	BOM	4.1	ÓTIMO	3.2	BOM	3.3	BOM	3.4	BOM
5	3.7	BOM	4.5	REGULAR	3.8	BOM	3.7	BOM	3.4	BOM	3.7	BOM
6	2.6	REGULAR	6.6	RUIM	3.0	BOM	5.6	REGULAR	2.0	REGULAR	5.6	REGULAR
7	2.3	REGULAR	6.1	RUIM	2.9	REGULAR	5.0	REGULAR	1.9	RUIM	5.4	REGULAR

Analisando os dados da Tabela 3, percebe-se que os trechos com piores condições são os trechos 6 e 7, os quais apresentam conceitos que variam de REGULAR a RUIM. Tais resultados evidenciam que ao longo do período analisado não houveram operações de manutenção e reabilitação, como execução de remendos e recapeamento, que pudessem melhorar as condições superficiais do pavimento em relação aos demais trechos.

Em relação à avaliação subjetiva, nota-se que, de 2017 para 2018, há indícios que houve uma melhoria das condições superficiais da via, uma vez que, para todos os trechos, o VSA apresentou melhores conceitos em 2018. Essa melhoria foi refletida na classificação, onde os

trechos 1, 2, 3 e 4 que possuíam conceito BOM passaram para ÓTIMO e o trecho 6 passou do conceito REGULAR para BOM. Porém, sabe-se que não foram realizadas grandes intervenções na rodovia durante esse período. Ao longo dos trechos, houve apenas operações do tipo “tapa buraco” e isto pode ter favorecido a melhoria do conforto ao rolamento, a qual é sugerida pelos dados dos levantamentos. A subjetividade da avaliação pode explicar essa alteração nas notas atribuídas.

Analisando o período de 2018 para 2019, percebe-se que houve um decréscimo do VSA em todos os trechos. Com isso, as classificações mostram-se semelhantes às obtidas para o ano de 2017, diferenciando apenas o trecho 7, que em 2017 era REGULAR e em 2019 passou a ser RUIM. Isso pode ser um indicativo da deterioração do revestimento ao longo desse período, no qual não foram realizadas operações de manutenção que pudessem melhorar o conforto do tráfego e permanecer com a tendência de melhoria observada entre 2017 e 2018.

Com base nos valores de IRI, entre o ano de 2017 e 2018, nota-se que, na maioria dos trechos, o valor do IRI foi menor em 2018, ou seja, houve uma diminuição da irregularidade longitudinal ao longo desse período. Com isso, os trechos 5, 6 e 7 tiveram suas classificações modificadas, passando de REGULAR para BOM e de RUIM para REGULAR. Dessa forma, esse comportamento reflete o observado pela avaliação subjetiva para esse mesmo período.

No levantamento referente a 2019, a maior parte dos trechos apresentou valor de IRI maior do que no ano anterior, indicando que houve aumento da irregularidade longitudinal no período de 2018 a 2019, assim como foi observado na análise do VSA. Contudo, a classificação manteve-se, diferentemente do que ocorreu para a avaliação subjetiva. Tal resultado indica que as possíveis modificações das condições dos trechos, como operações do tipo “tapa buraco”, não foram tão significativas para a alteração do conceito.

4.2 Análise da correlação entre VSA e IRI

De forma geral, percebe-se que os métodos de avaliação utilizados nesse estudo apresentaram resultados semelhantes para os períodos analisados. Para melhor entender o comportamento dos índices para os períodos analisados, na Figura 4, são mostrados tais resultados, VSA e IRI, ao longo dos trechos levantados.

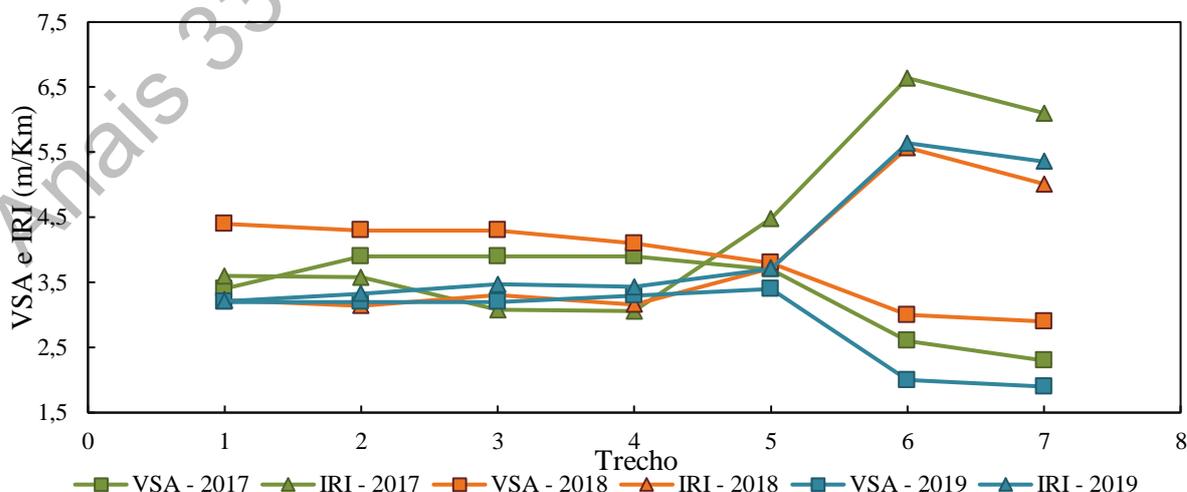


Figura 4: Valores de VSA e IRI ao longo dos trechos analisados

Observa-se que, para os três anos, o comportamento do VSA, em relação ao valor do IRI, segue o que era esperado, ou seja, à medida que o VSA aumenta, o IRI diminui, ressaltando a relação inversa entre irregularidade e conforto. Isso porque, quanto maior o VSA, mais confortável e suave é o conforto ao rolamento, logo, menor deve ser a irregularidade longitudinal e, portanto, menor é o valor de IRI. Contudo, em alguns casos, isso não foi observado, como por exemplo no ano de 2018, uma vez que a relação entre VSA e IRI não se mostrou de acordo com o comportamento observado nos anos de 2017 e 2019, podendo isso enfraquecer uma possível correlação entre os dados. Sendo assim, para embasar essa análise, serão utilizados o gráfico de dispersão, apresentado na Figura 5, e os parâmetros da Tabela 4.

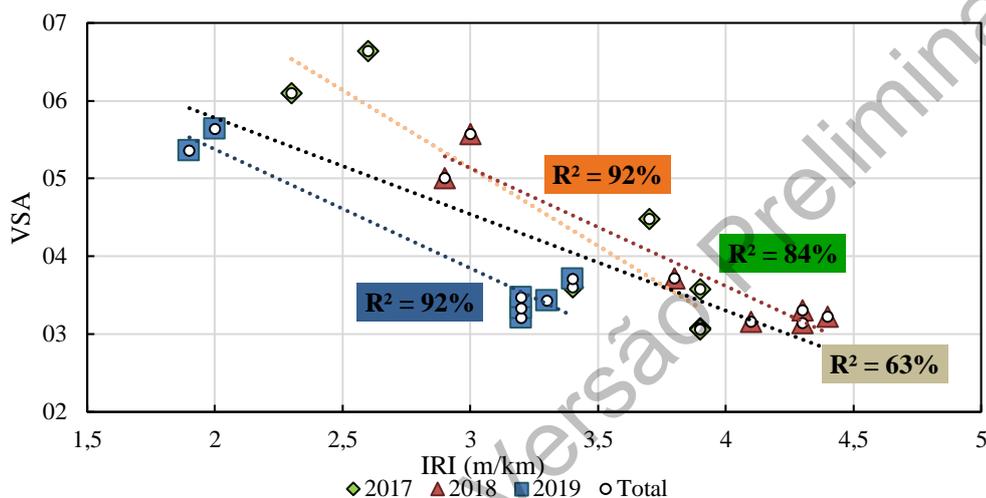


Figura 5: VSA x IRI

Tabela 4: Parâmetros dos conjuntos de dados

Parâmetros	2017		2018		2019	
	VSA	IRI	VSA	IRI	VSA	IRI
Média	3,39	4,36	3,83	3,88	2,89	4,02
Conceito	Bom	Regular	Bom	Bom	Regular	Regular
Desvio Padrão	0,62	1,35	0,58	0,92	0,60	0,95
Coefficiente de Variação	18,3%	30,9%	15,3%	23,8%	20,7%	23,6%
Mínimo	2,3	3,1	2,9	3,1	1,9	3,2
Máximo	3,9	6,6	4,4	5,6	3,4	5,6
r	-0,92		-0,96		-0,96	
R ²	84%		92%		92%	

A partir da Figura 5, e com base nos valores dos coeficientes de correlação (r) e de determinação (R²) apresentados na Tabela 4, nota-se que há uma forte correlação entre os valores de VSA e de IRI, para os três anos em análise. Além disso, os valores negativos de r representam o comportamento decrescente da reta, sendo isso esperado, uma vez que a relação entre VSA e IRI é inversa. Dessa forma, nota-se que os resultados obtidos pelo aplicativo refletem a sensação de conforto do usuário, e, as opiniões dos avaliadores, representadas pelo VSA, correlacionam-se fortemente com os valores de IRI.

A análise da correlação conjunta, envolvendo os dados de todos os três anos, com R^2 igual a 63% apresentou-se menor quando a correlação é analisada individualmente para cada ano. Isso pode ser justificado pelo fato de as equipes serem compostas por avaliadores diferentes a cada ano, tendo assim sensibilidades distintas. Apesar disso, o coeficiente de correlação, é r igual -0,79, ainda pode ser considerado de elevado.

Ainda com base na Tabela 4, os dados referentes a 2017 resultaram na menor correlação, r igual a -0,92 e R^2 igual a 84%, apesar desses valores ainda serem considerados elevados. Além disso, as médias para esse mesmo ano resultaram em diferentes classificações, sendo BOM para VSA e REGULAR para IRI, o que pode ser uma consequência do menor resultado de correlação. Nota-se que para os anos de 2018 e 2019 a média dos valores de ambos os índices recebem o mesmo conceito, embora haja alguns trechos da rodovia com classificações diferentes. Essa similaridade no resultado das médias resulta do fato de haver forte correlação entre VSA e IRI.

Os valores de coeficientes de variação apresentados na Tabela 4 indicam as quão homogêneas são as condições superficiais ao longo da via em análise. Pode-se observar que os dados de IRI apresentam coeficientes com valores elevados, ou seja, há uma elevada variação das condições superficiais do pavimento ao longo dos trechos, correspondendo os resultados da Tabela 3, uma vez que os trechos de 1 a 4 apresentam conceito BOM, enquanto os demais variam de REGULAR a RUIM.

Percebe-se que os coeficientes de variação para os dados de VSA foram sempre menores que os resultantes dos dados de IRI. No entanto, esperava-se que os coeficientes fossem semelhantes para o VSA e IRI de um mesmo ano, já que ambos os métodos avaliam as condições da superfície de cada trecho. Essas diferenças entre os levantamentos realizados podem ser decorrentes da subjetividade existente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados de Valor de Serventia Atual (VSA) e *International Roughness Index* (IRI), verificou-se que entre os anos de 2017 e 2018, houve uma melhoria das condições superficiais, uma vez que os valores VSA aumentaram e os de IRI diminuíram. Já no período de 2018 e 2019, a rodovia apresentou uma redução do conforto ao rolamento, evidenciado pelo aumento do IRI e diminuição do VSA. Além disso, observou-se que, ao longo da via, os trechos têm comportamento heterogêneo. Os primeiros trechos, 1 a 5, apresentam condições superficiais discrepantes dos trechos finais, 6 e 7.

Analisando a correlação individualmente, de cada ano, e conjuntamente entre os dados de VSA e IRI, verificou-se que há uma forte correlação em todos os cenários, evidenciando que os dados de irregularidade longitudinal obtidos pelo SmartIRI refletem bem a sensibilidade do usuário em relação às condições da via. Dessa forma, conclui-se que a inclusão de aplicativos para *smartphones* na Gerência de Pavimentos pode ser eficiente, sendo um método menos subjetivo e mais prático, uma vez que não necessita de paralização de parte do tráfego e nem de equipamentos sofisticados. Entretanto, é importante salientar que este método não é capaz, sozinho, de substituir os métodos objetivos de medição, mas dão bons indícios de que certos trechos devem ser melhor avaliados. Logo, o SmartIRI pode ser uma alternativa acessível para auxiliar a tomada de decisões dos gestores rodoviários na alocação de recursos financeiros e na priorização de atividades do SGP, tais como manutenção e reabilitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO (1993) *Guide for design of pavement structures*. American Association Of State Highway And Transportation Officials, Washington.
- Almeida, L. C. (2018) *Aplicativo para smartphone destinado à medição da irregularidade longitudinal em rodovias*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Bernucci, L. B.; Motta, L. M.; Ceratti, J. A. P.; Soares, J. B (2006) *Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros*. Ed. Abeda, Rio de Janeiro.
- Bisconsini, D. R. (2016) *Avaliação da irregularidade longitudinal dos pavimentos com dados coletados por smartphones*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- Carey JR., W.N. e Irick, P.E. (1960) The pavement serviceability-performance concept. *HRB Bulletin*, n. 250, p. 40-58.
- Carannante, F. B. (2018) *Informações - CE-401: Planilha anexa: Estimativa do volume médio diário anual do tráfego para os trechos do Sistema Rodoviário Estadual (2012)*. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <igormq96@gmail.com>. em: 10 set. 2018
- CNT (2018) *Relatório Gerencial: Pesquisa CNT de Rodovias 2018*. 22ª ed. Confederação Nacional dos Transportes, Brasília.
- DNER(2003) *Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento*. DNER-PRO 009/2003. Ministério dos Transportes, Departamento Nacional De Estradas De Rodagem, Rio de Janeiro.
- DNER(2011) *Manual de Gerência de Pavimentos*. Departamento Nacional De Estradas De Rodagem, Rio de Janeiro.
- Fernandes Jr, J.L.e Barbosa, R.E. (2000). Estimativa das cargas dinâmicas dos veículos rodoviários que atuam sobre os pavimentos e pontes. *Transportes*, v. 8, n. 2, p. 32-50.
- GEIPOT (1981) *Pesquisa sobre inter-relacionamento dos custos de construção, conservação e utilização de rodovias*. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, Ministério dos Transportes, Brasília, DF.
- Medina, J. e Motta, L. M. G. (2015). *Mecânica dos Pavimentos*. Ed. Interciência, Rio de Janeiro.
- PIARC (2010) *Manual do Usuário do Programa HDM-4*, v. 4, CD-ROM.
- Robinson, R. (1986) *Road maintenance planning and management for developing countries*. Highways and Transportation, v. 33, n. 6, p. 8-13; n. 7, p. 4-10.
- Sayers, M.W.e Karamihas, S.M. (1998) *The little book of profiling. Basis information about measuring an interpreting road profiles*. The Regent of the University of Michigan, Ann Arbor.

Cecília Catarina Oliveira de Castro (ceciliacastro@det.ufc.br)

Elisa da Silva Sousa (elisa@det.ufc.br)

Victor Cardoso Oliveira (victoroliveira@det.ufc.br)

Lucas Cavalcante de Almeida (lucascavalcante@det.ufc.br)

Francisco Heber Lacerda de Oliveira (heber@det.ufc.br)

Departamento de Engenharia de Transportes, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes,
Universidade Federal do Ceará

Campus do Pici - Bloco 703 - 60440-554, Fortaleza, CE, Brasil