

GERÊNCIA DE PAVIMENTOS ATRAVÉS DE MONITORAÇÕES E MODELAGENS

Rafael Cerqueira Silva¹, José Geraldo de Souza Júnior² e Luiz André Pinheiro Guedes de Uzeda³

¹ ENGGEO TECH, Juiz de Fora, MG, Brasil

email: sggf08@yahoo.com.br

² ENGGEO TECH, Juiz de Fora, MG, Brasil

³ Concessionária Rio-Teresópolis S.A. (CRT), Magé, RJ, Brasil

Sumário

Foi desenvolvido um Sistema Gerenciador de Dados para estruturação e processamento de informações de monitorações, intervenções e ensaios realizados em pavimentos ao longo de cinco anos. Através de geoprocessamento, o Banco de Dados estruturado foi associado a uma Base Espacial, para permitir elaboração de análises e visualização dos parâmetros de desempenho dos pavimentos sobre o eixo da rodovia em imagens de satélite e mapas. Para previsão de desempenho foram adotados os modelos do HDM-4, que vêm sendo ajustados às reais condições dos pavimentos. Buscam-se soluções mais eficazes na aplicação dos recursos de forma sustentável. No artigo apresenta-se a metodologia implantada.

Palavras-chave: Pavimentos; Monitoração; Desempenho; Gerência; Modelagem.

1 INTRODUÇÃO

Apresenta-se uma metodologia implantada para gerência de pavimentos de uma rodovia do Brasil, BR-116/RJ, km 2 ao km 143,5 (Fig.1), concedida à iniciativa privada. Definiram-se os Segmentos Homogêneos (SHs) dos pavimentos levando-se em consideração o tráfego e as condições estrutural e funcional obtidas pelos resultados das monitorações dos pavimentos. Foi elaborado um Banco de Dados (BD) com todas as informações dos pavimentos, inclusive dos históricos de intervenções. A organização e processamento das informações do BD são realizados através de um Sistema Gerenciador de Dados (SGD) desenvolvido especificamente para o trabalho. Através do SGD as informações do BD (bruto) foram estruturadas (BD estruturado) para permitir uma interface com uma Base Espacial (BE) contendo o eixo da rodovia. Para associação do BD estruturado com a BE, e vice versa (BE com BD), foi utilizado um *software* de geoprocessamento (SIG). Na BE os parâmetros funcional e estrutural dos pavimentos podem ser visualizados sobre o eixo da rodovia a cada 200 m. A navegação sobre a imagem de satélite contendo o eixo da rodovia com os parâmetros a cada 200 m, apresentados por escala de cores (faixa de valores), tornou mais amigável a visualização das condições dos pavimentos ao longo do tempo, auxiliando as análises espaço-temporais (desempenho) e tomadas de decisão. Para fins de previsão de desempenho foram adotados os modelos do *software Highway Development and Management* (HDM-4), que podem ser ajustados às reais condições dos pavimentos através de fatores de calibração. O BD vem sendo alimentado continuamente, havendo cinco anos de dados de monitorações. Assim, para cada SH, que sofreu intervenção ou não, tem-se a projeção gráfica do seu real desempenho para os anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. As curvas de previsão de desempenho dos SHs, obtidas pelo HDM-4, são comparadas com as curvas de desempenho resultantes das condições monitoradas durante os cinco anos. Tal permite que sejam feitas análises comparativas entre o cenário previsto (HDM-4) e as condições reais de campo, considerando inclusive os efeitos das intervenções de conservação e manutenção dos pavimentos. As análises comparativas, por sua vez, são utilizadas para elaboração de estudos de calibração dos modelos de previsão de desempenho do HDM-4. A Fig.2 apresenta-se o fluxograma dos trabalhos (caixas de cor azul) para alcançar gradativamente um entendimento mais analítico da mecânica dos pavimentos, reduzindo a parcela do empirismo que é inevitável no atual estado da arte. A metodologia vem contribuindo para capacitação técnica dos recursos humanos envolvidos nos trabalhos e para definição das soluções mais eficazes na aplicação dos recursos disponíveis, em diversos

níveis de intervenção, de sorte a responder às necessidades dos usuários, de forma sustentável para preservação e melhoria da qualidade ambiental.

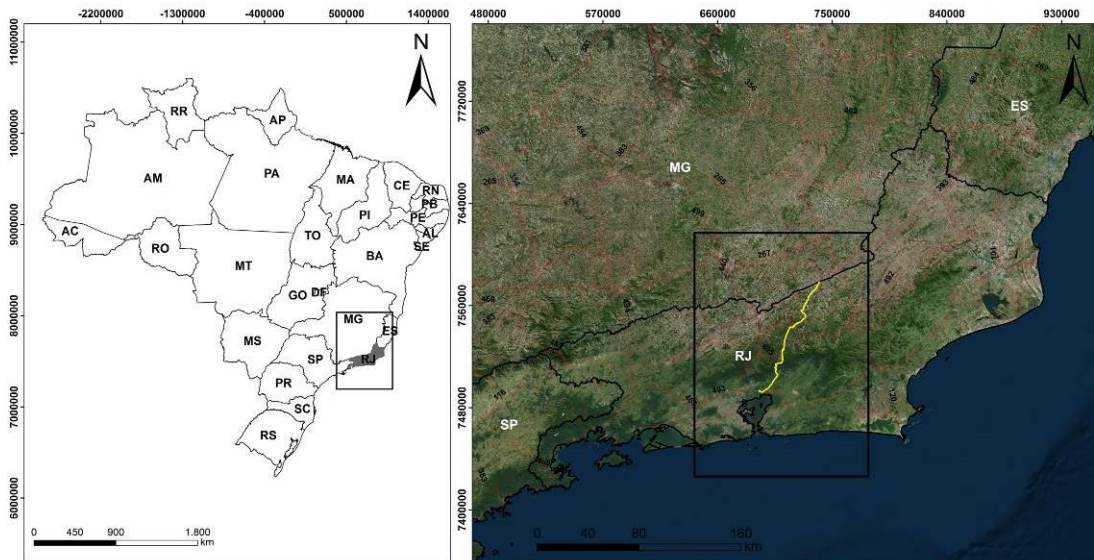


Fig.1. Trecho da rodovia BR-116/RJ concedida à iniciativa privada (km 2 ao km 143,5)

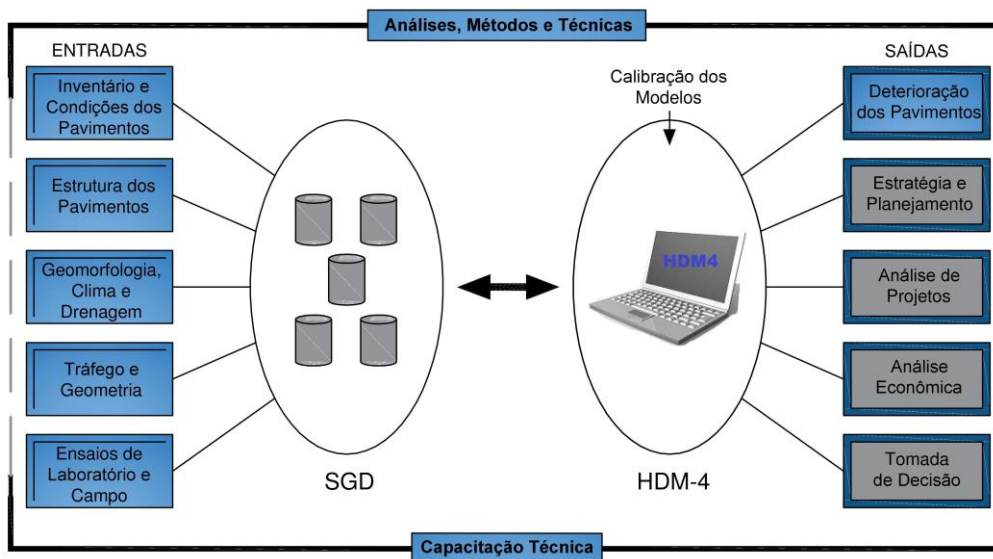


Fig.2. Fluxograma das atividades para análise do desempenho dos pavimentos [1]

2 DADOS

Para implantação da Gerência de Pavimentos das análises foram utilizados dados de intervenções executadas nos pavimentos, contagens e pesagens de tráfego, de levantamentos das condições funcional, estrutural, de aderência e de drenagem dos pavimentos, pluviógrafos, poços de inspeção, sondagens e ensaios de campo e laboratório.

Estas informações contemplam os anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 e compõem a série histórica para montagem do Banco de Dados (BD) dos pavimentos da rodovia.

Para o estudo de tráfego utilizaram-se dados dos Atuadores de Tráfego (AT) e da balança existentes na rodovia. Através das contagens volumétricas classificatórias e pesagens determinaram-se o Volume Médio Diário (VMD) e carregamento atuante nos pavimentos de cada segmento de tráfego da rodovia. Os resultados foram convertidos em um número de operações/solicitações de um eixo rodoviário padrão (eixo simples de rodas duplas que transmite ao pavimento uma carga total de 8,2 toneladas ou 80 kN), número “N”.

As condições de aderência, representadas pela macrotextura, microtextura e International Friction Index (IFI), foram avaliadas por meio de ensaios de pêndulo britânico e mancha de areia. A avaliação funcional do pavimento foi realizada pela determinação do índice de irregularidade longitudinal (IRI), dos afundamentos em trilhas de roda (ATR) e defeitos na superfície. Para os levantamentos do IRI e ATR foi utilizado um perfilômetro a laser, composto por 5 sensores. Os ATRs também foram medidos por meio de treliça metálica. As medições com treliça foram realizadas em alguns trechos da rodovia para avaliar os resultados de ATR obtidos pelo perfilômetro a laser.

No Brasil os levantamentos dos defeitos são realizados por amostragem, sendo contemplado apenas um percentual da área do pavimento. No presente trabalho, foi utilizado o levantamento da condição de superfície pela qualificação e quantificação dos defeitos existentes em toda área do pavimento. Este procedimento, denominado de Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) pelo Método da Varredura [2], encontra-se em fase de normalização no Brasil (DNIT/IPR). Utilizando um veículo equipado com instrumentos e um sistema de automação, aquisição e processamento de dados (SAPD) é realizado o LVCI de toda a superfície da faixa de rolamento (método da varredura). A instrumentação é composta por odômetro digital, Global Position System (GPS), câmera filmadora digital e computador. Como resultado, obtém-se uma planilha contendo as quantidades de todos os defeitos previstos na Norma DNIT 005/2003-TER [3] em espaçamentos pré-definidos, expressos em área, extensão ou unidade. As imagens da superfície dos pavimentos em sincronia com o odômetro, defeitos cadastrados, diretriz em planta e perfil longitudinal da rodovia, podem ser visualizados no Vídeo Registro (Fig.3). O Vídeo Registro também constitui uma memória de cálculo importantíssima que valida o levantamento realizado, visto que mostra a legenda dos defeitos em sincronia com as imagens.

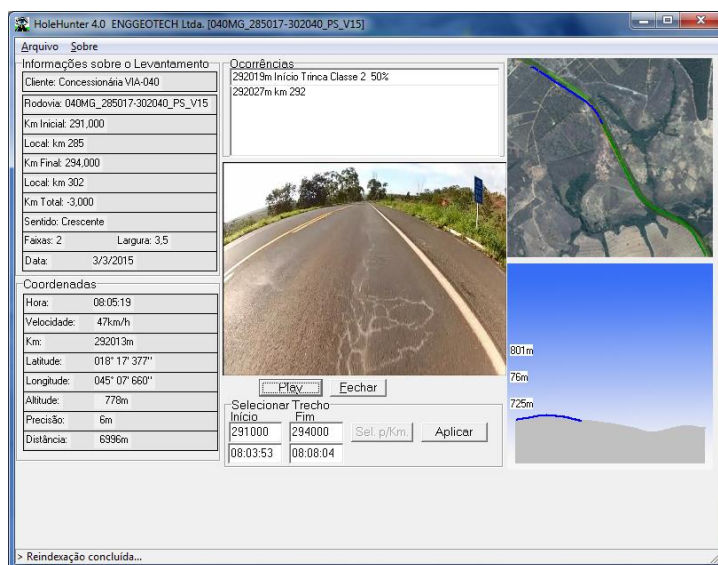


Fig.3. LVCI pelo Método da Varredura validado por Vídeo Registro [1]

A condição estrutural das várias camadas dos pavimentos foi avaliada pela coleta de dados por meio de poços de inspeção e de ensaios não destrutivos, com *Falling Weight Deflectometer* (FWD). O ensaio com FWD consistiu na aplicação de uma carga de impacto, dinâmica, e nas leituras dos deslocamentos registrados por sensores acoplados e posicionados longitudinalmente a partir do centro da placa, possibilitando o conhecimento da bacia

de deflexão. Foram realizados ensaios destrutivos com sondagens e escavação de poços de inspeção nos pavimentos para determinação da estrutura e coleta dos materiais de cada camada para fins de caracterização e execução de ensaios. Visto a importância dos materiais de pavimentação no desempenho das soluções de conservação dos pavimentos, foram realizados ensaios de campo e laboratoriais nas camadas que compõem os pavimentos de 17 Unidades de Amostragem (UAs) distribuídas ao longo da rodovia, para avaliação das suas propriedades frente ao comportamento monitorado em campo. Nas amostras de materiais retirados dos poços de inspeção foram realizados ensaios de caracterização física, triaxiais de carga repetida (módulos de resiliência) e de deformação permanente. Os módulos de resiliência dos materiais também foram importantes para validação dos estudos de retroanálise das bacias de deflexão das UAs. Para um refinamento do estudo, especificamente nas UAs realizaram-se ensaios deflectométricos com FWD em estações espaçadas de 20 m.

Para uma melhor compreensão do desempenho dos pavimentos foram considerados os compartimentos geomorfológicos e as regiões climáticas da rodovia. A rodovia percorre terrenos com topografia variada, sendo caracterizada por três grandes compartimentos geomorfológicos contrastantes: (i) Baixada da Baía de Guanabara (km 104 ao 144); (ii) Escarpa da Serra dos Órgãos (km 89 ao 104); e (iii) Escarpa Reversa do Planalto da Região Serrana (km 2 ao 89). O subleito dos pavimentos apresenta uma relação com os compartimentos geomorfológicos. Por exemplo, na Baixada ocorrem solos moles e no Planalto da Região Serrana os terrenos de fundação são constituídos por solos mais competentes. A pluviometria vem sendo monitorada desde 2010 através de estações meteorológicas completas instaladas ao longo da rodovia. As leituras são feitas de forma automática com valor da caçamba de 0,2 e os dados são enviados via telefonia celular – GPRS. Todos os dados ficam disponíveis e são acessados em uma plataforma remota (www.teleaneel.com.br).

As chuvas variam em localização, intensidade e duração. A infiltração de água no pavimento exerce influência na sua serventia e em condições que estão ocultas sob a superfície, e que não necessariamente aparecem instantaneamente [4]. Os efeitos das chuvas nos pavimentos foram monitorados através de levantamentos das condições de drenagem dos pavimentos em dias chuvosos e pouco após um evento de chuva. A identificação de trechos com problemas de drenagem é importante para que os comportamentos observados, caracterizados por velocidade de deterioração mais acelerada, possam ser interpretados como atípicos e as soluções de conservação ou manutenção contemplem a execução de dispositivos de drenagem.

Foram realizados levantamentos com uso de Global Position System (GPS) da diretriz em planta e do perfil longitudinal da rodovia para determinação dos Índices de Geometria Horizontal (IGH) e Vertical (IGV). Esses índices são importantes para definir os trechos em tangente, sinuosos, em nível (ou planos), ondulados e outros, conforme solicitado nos dados de entrada do HDM-4. Como alguns problemas no pavimento podem estar relacionados com a sua seção de terraplenagem, também foram definidas as seções, com a identificação do tipo de material (solo ou rocha), de corte pleno, meia-encosta, corpo de aterro, greide colado, nivelado e obra de arte especial (pontes e viadutos).

3 SEGMENTOS HOMOGÊNEOS

Os estudos de definição dos Segmentos Homogêneos (SHs) foram realizados com base nas condições estrutural e funcional dos pavimentos. Delimitaram-se os SHs pelo método das diferenças acumuladas da AASHTO [5]. Nesse método é indicado que seja utilizada a deflexão para realização dos cálculos para obtenção dos SHs. Entretanto, visto que um SH em termos de deflexão pode apresentar trechos com trincamentos diferentes, até mesmo um trecho sem trinca, a segmentação não se limitou apenas à deflexão. O método também foi aplicado para o trincamento obtido pelo LVCI pelo Método da Varredura. Ocorreram trechos em que a variações de coeficiente angular das curvas não foram coincidentes. Dessa forma, houve SHs definidos a partir da deflexão que foram subsegmentados por conta do trincamento existente na superfície do pavimento (Fig.4). Por fim, buscando um SH o mais homogêneo possível sob o ponto de vista comportamental, analisaram-se as geometrias das bacias de deflexão. Estas análises foram realizadas graficamente, plotando-se todas as bacias de um SH em um mesmo gráfico para visualizar se de fato apresentavam formatos próximos. Também foram verificados os parâmetros empíricos desenvolvidos de forma a obter uma melhor indicação das propriedades das camadas dos pavimentos: *Structural Curvature Index* (SCI), *Base Damage Index* (BDI) e *Base Curvature Index* (BCI), propostos por [6]. O SCI é o indicador mais sensível para evidenciar a situação da rigidez da camada de revestimento asfáltico, o BDI indica a condição da base e o BCI pode ser usado como o indicador para verificar a condição do subleito. Os parâmetros SCI, BDI e BCI podem ser observados na Fig.5.

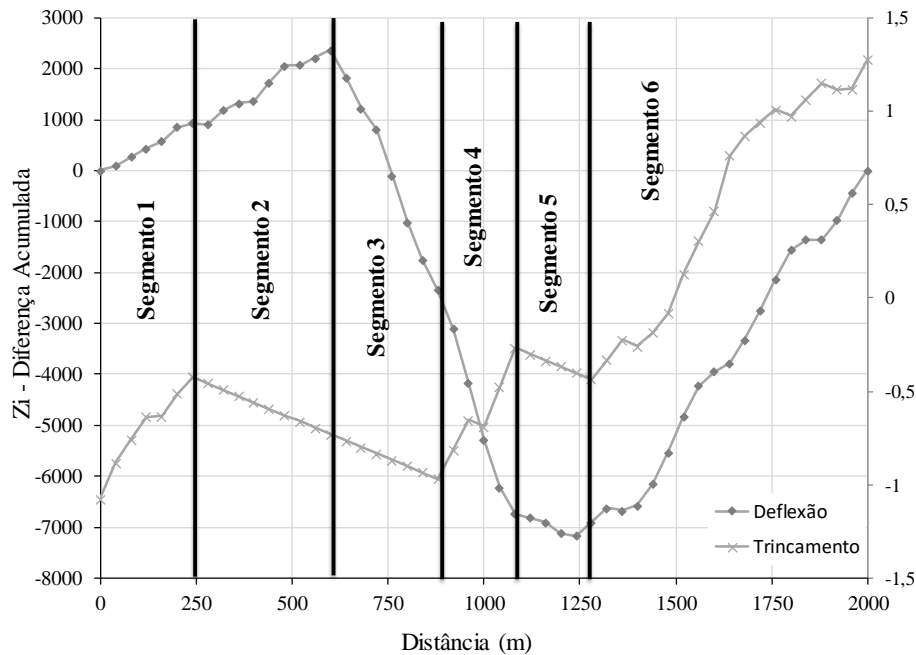


Fig.4. Exemplo de delimitação dos segmentos homogêneos pelo método das diferenças acumuladas utilizando em conjunto 2 parâmetros para segmentação - deflexão e trincamento [7]

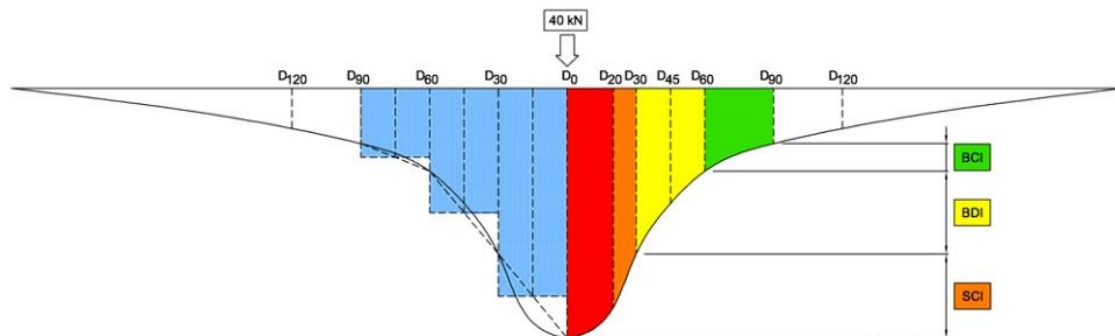


Fig.5. Representação esquemática da bacia deflectométrica e os respectivos índices de curvatura [8]

4 SISTEMA GERENCIADOR DE DADOS

A montagem de um Banco de Dados (BD) com informações sobre a rodovia busca o máximo conhecimento sobre cada segmento da rodovia no que diz respeito às informações sobre o desempenho dos pavimentos frente à ação do tráfego e clima. Um dos pontos mais importantes a considerar no desenvolvimento do BD para avaliação do desempenho dos pavimentos é a identificação espacial e temporal dos dados. Portanto, os parâmetros devem ser registrados com sua posição em relação ao marco quilométrico e ao sistema de coordenadas global, incluindo o ano de obtenção da informação. Através do Sistema Gerenciador de Dados (SGD) o conjunto de informações dos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 foi estruturado para possibilitar a elaboração de análises espaço-temporais e a construção de uma Base Espacial (BE). Com as informações devidamente datadas e registradas em relação aos marcos quilométricos, tem sido possível observar o desempenho dos pavimentos ao longo do tempo e sua relação como tráfego e as alterações dos parâmetros das condições funcional e estrutural.

O SGD foi desenvolvido a partir de linguagem Java, possibilitando sua execução em diversos dispositivos e sistemas operacionais distintos, bastando instalação de uma máquina virtual Java. Na Fig.6 apresenta-se o

aspecto visual do SGD. Os dados das campanhas de monitorações (anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018), contagens e pesagens de tráfego, estruturas de alguns trechos dos pavimentos obtidas por sondagens rotativas e poços de inspeção, o histórico de intervenções de 2013 a 2018 e ensaios de campo e laboratório dos pavimentos da rodovia foram armazenados, organizados e estruturados através do SGD, sendo os dados apresentados em espaçamentos de 200 m em planilhas eletrônicas (cada linha da planilha representa 200 m) - BD_{200m}. Com base na lista dos Segmentos Homogêneos (SHs) foi construído outro Banco de Dados com espaçamentos conforme o comprimento de cada SH (cada linha da planilha representa um SH) - BD_{SH}. O SGD foi utilizado na execução dos cálculos para definição do valor médio de cada parâmetro de um determinado SH. Das campanhas de monitorações anuais dos pavimentos destacam-se as informações referentes às condições funcionais (ATR, IRI, LVCI), estrutural (Bacia de Deflexão) e de aderência (Macrotextura, Microtextura e *International Friction Index* IFI). Os dois BDs (BD_{200m} e BD_{SH}) foram montados para cada ano (2014 a 2018), totalizando 10 BDs. É um BD bastante completo, visto que sua função é proporcionar a elaboração de análises diversas. Como exemplo, a própria segmentação homogênea dos pavimentos, que foi realizada através do uso do BD.

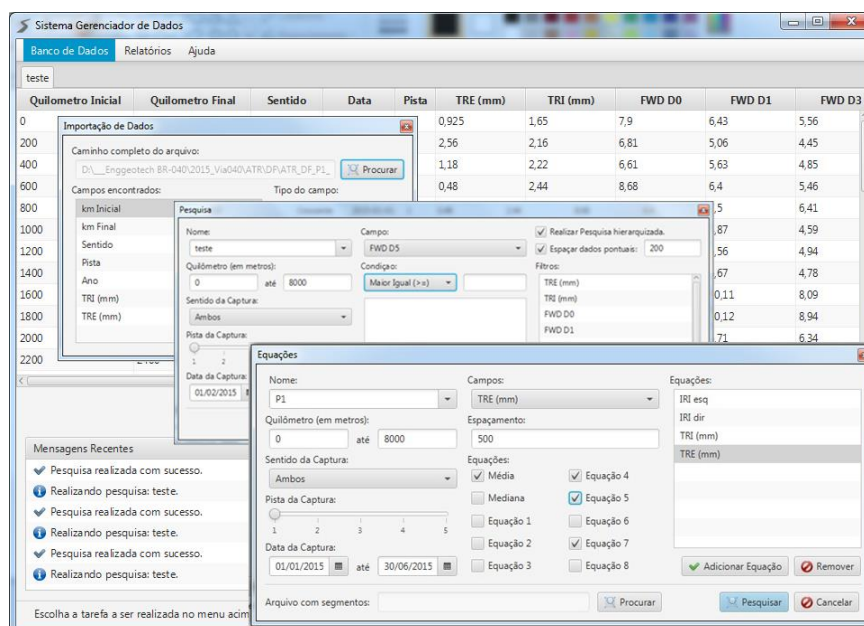


Fig.6. Telas do Sistema Gerenciador de Dados SGD [1]

5 BASE ESPACIAL E ANÁLISES COM USO DE GEOPROCESSAMENTO (SIG)

Foi construída uma base de dados georreferenciada (Base Espacial – BE) para fins de geoprocessamento e apresentação dos resultados das monitorações sobre o eixo lançado em imagens aéreas. Através do SGD as informações do BD (bruto) foram estruturadas (BD estruturado) para permitir uma interface com a BE contendo o eixo da rodovia. Para associação do BD estruturado com a BE, e vice versa (BE com BD), foi utilizado um *software* de geoprocessamento (SIG). Na BE os parâmetros funcional e estrutural dos pavimentos podem ser visualizados sobre o eixo da rodovia a cada 200 m. A navegação sobre a imagem de satélite do programa *Google Earth* contendo o eixo da rodovia com os parâmetros a cada 200 m, apresentados por escala de cores (faixa de valores), tornou mais amigável a visualização das condições dos pavimentos ao longo do tempo, com diferentes recursos (por exemplo, *street view*). Na Fig.7 tem-se exemplificado limites estabelecidos para os parâmetros. Ressalta-se que a definição da escala de valores é uma atividade importante para elaboração das análises de deterioração do pavimento com uso de SIG, pois através das classes é criada a palheta de cores que produzirá os mapas temáticos: (i) trincamento (TR); (ii) irregularidade (IRI); (iii) afundamento em trilha de roda (ATR); e (iv) deflexão máxima (D₀).

TR2 - (Peso 37,5%)		TR3 - (Peso 62,5%)		Trincamento - (TR2+TR3)	
Limites	Nota	Limites	Nota	Limites	Conceito
TR2 < 5%	0	TR3 = 0	0	TR ₂₊₃ < 1	Ótimo
5% < TR2 ≤ 10%	2,5	0% < TR3 ≤ 2,5%	2,5	1 ≤ TR ₂₊₃ ≤ 2,5	Bom
10% < TR2 ≤ 30%	5	2,5% < TR3 ≤ 15%	5	2,5 < TR ₂₊₃ ≤ 5	Regular
30% < TR2 ≤ 60%	7,5	15% < TR3 ≤ 30%	7,5	5 < TR ₂₊₃ ≤ 7,5	Ruim
TR2 > 60%	10	TR3 > 30%	10	TR ₂₊₃ > 7,5	Péssimo

IRI		ATR		Deflexão Máxima (D ₀)	
Limites (m/km)	Conceito	Limites (mm)	Conceito	Limites (0,01mm)	Conceito
IRI ≤ 2	Ótimo	ATR ≤ 2	Ótimo	D ₀ ≤ 35	Ótimo
2 < IRI ≤ 3	Bom	2 < ATR ≤ 7,5	Bom	35 < D ₀ ≤ 50	Bom
3 < IRI ≤ 4	Regular	7,5 < ATR ≤ 15	Regular	50 < D ₀ ≤ 75	Regular
4 < IRI ≤ 5,5	Ruim	15 < ATR ≤ 25	Ruim	75 < D ₀ ≤ 100	Ruim
IRI > 5,5	Péssimo	ATR > 25	Péssimo	D ₀ > 100	Péssimo

Fig.7. Exemplo de definição de classes (escala de valores) para os parâmetros objeto de mapeamento e análise com uso de SIG

O geoprocessamento consistiu da sobreposição, através de um modelo de cálculo, dos quatro mapas temáticos (TR, IRI, ART e D₀) para obtenção de mapas de deterioração dos pavimentos (Fig.8) por tipo de condição: (v) mapa de deterioração funcional; e (vi) mapa de deterioração estrutural. O mapeamento exigiu duas atividades distintas: a construção da Base Espacial (BE) correlacionada com a base analítica (Banco de Dados); e a definição de modelos de cálculo para aplicação no SIG que considerassem os pesos para cada mapa e de cada classe de parâmetros para obtenção dos mapas de deterioração (Quadro 1).

Quadro 1. Pesos, limites e conceitos das condições funcional e estrutural dos pavimentos

Condição Funcional dos Pavimentos				Condição Estrutural dos Pavimentos			
Trincamento	IRI	ATR	D ₀	Trincamento	IRI	ATR	D ₀
40%	25%	25%	10%	25%	5%	30%	40%
CF ≤ 2		Ótimo		CE ≤ 2		Ótimo	
2 < CF ≤ 4		Bom		2 < CE ≤ 4		Bom	
4 < CF ≤ 6		Regular		4 < CE ≤ 6		Regular	
6 < CF ≤ 8		Ruim		6 < CE ≤ 8		Ruim	
CF > 8		Péssimo		CE > 8		Péssimo	

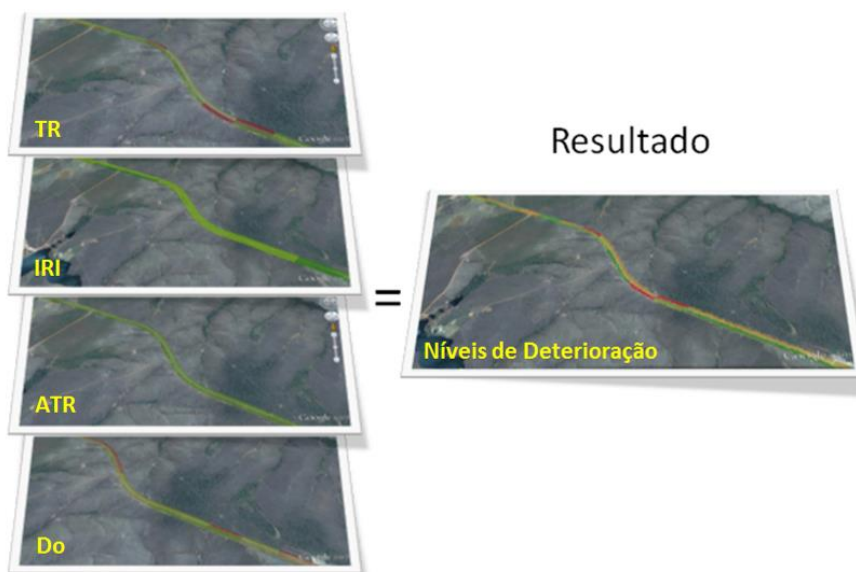


Fig.8. Análises das condições dos pavimentos através de geoprocessamento [1]

6 PROJEÇÕES GRÁFICAS DE DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS

Visto que Banco de Dados (BD) também apresenta os parâmetros das condições dos pavimentos por Segmento Homogêneo (SH) e por ano de monitoração, é possível analisar a evolução da deterioração dos pavimentos de cada SH. Com base nas informações dos BDs dos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018 elaboraram-se projeções gráficas do desempenho dos pavimentos. Nas projeções gráficas o eixo das abscissas corresponde aos anos em que foram realizados os Vídeos Registros (2014 a 2018) e o eixo das ordenadas ao parâmetro representativo da condição do pavimento do SH considerado (Fig.9). A interpretação dos gráficos é realizada considerando-se o histórico de intervenções. Isso permite compreender mudança de comportamento do pavimento em um determinado SH. Outra ferramenta importante para auxiliar na análise gráfica do desempenho dos pavimentos são os Vídeos Registros (Fig.9), realizados quando da execução do LVCI pelo Método da Varredura. As filmagens digitais permitem maior envolvimento da equipe de escritório com o local de estudo, auxiliando nas análises gráficas de desempenho dos pavimentos.

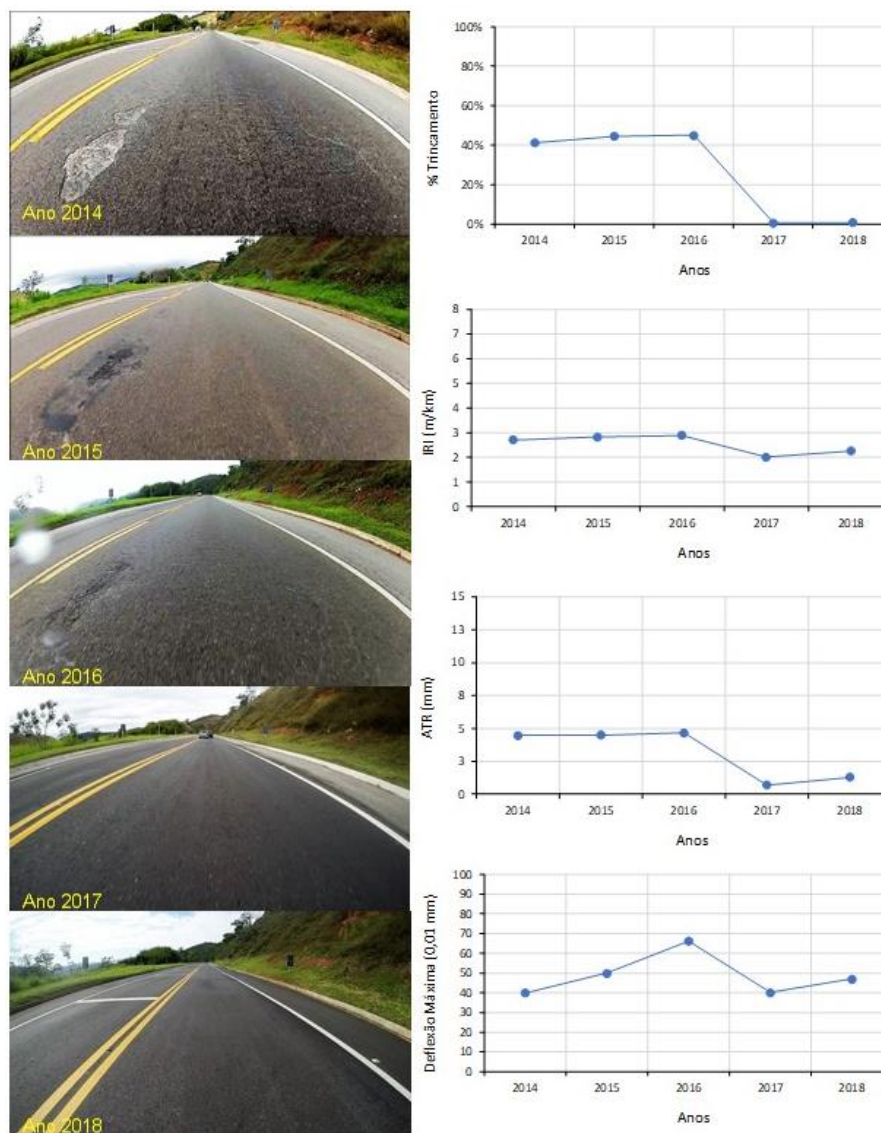


Fig.9. Projeções gráficas de desempenho do pavimento de um determinado SH e imagens do Vídeo Registro, que auxiliam na interpretação e validação do comportamento observado

7 PREVISÃO DE DESEMPENHO DOS PAVIMENTOS

Ao construir as projeções gráficas do desempenho real dos pavimentos, principalmente, com uma série histórica de 5 anos (2014 a 2018), envolvendo dados de monitoração e de intervenções executadas é natural a elaboração de análises comparativas com modelos de previsão de desempenho. Para previsão de desempenho de pavimentos adotou-se os modelos do *software* HDM-4 (*Highway Development and Management*), desenvolvido pelo Banco Mundial, que já vem sendo usado há mais de duas décadas, combinando a avaliação técnica e econômica nas redes de rodovias. O HDM-4 é eficiente quando seus modelos representam o real comportamento do pavimento frente à ação dos agentes externos. Como os modelos do HDM-4 podem ser calibrados/ajustados, pode-se melhorar a precisão sua aplicação, para que as tomadas de decisão sejam mais racionais.

Na Fig.10 apresentam-se três curvas de progressão de trincamento (um dos parâmetros que define o tempo de vida útil do pavimento) no pavimento para um mesmo trecho da rodovia. Sendo a curva intermediária representativa do comportamento do pavimento, adotando uma política de manutenção, com critério de intervenção para áreas de trincamento superiores a 40%, poderá haver uma tomada de decisão precoce ou tardia, caso seja considerada outra curva (modelo). Assim, destaca-se a importância da calibração dos modelos para a rodovia na qual são aplicados. O uso de modelos que se aproximam mais do real comportamento dos pavimentos é fundamental em todo o processo de planejamento, uma vez que previsões de desempenho adequadas levarão a diagnósticos acurados e desta forma, alocações de recursos mais confiáveis e estritamente necessários. Os resultados das monitorações referentes aos 5 anos (2014 a 2018) são utilizados para verificar se realmente as curvas de desempenho refletem o comportamento dos pavimentos da rodovia. Na Fig.11 exemplifica-se o ajuste da curva de calibração do trincamento de um pavimento.

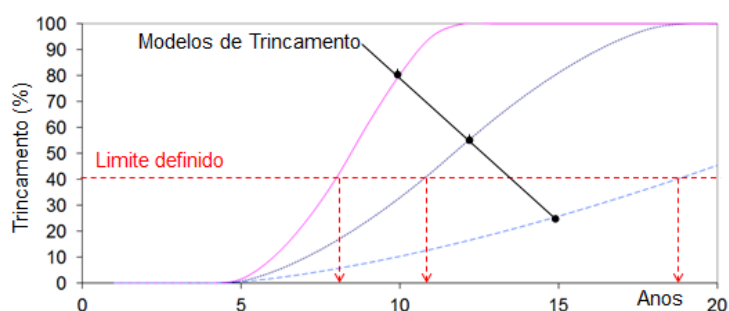


Fig.10. Tomada de decisão precoce ou tardia em função do uso de modelos inadequados [1]

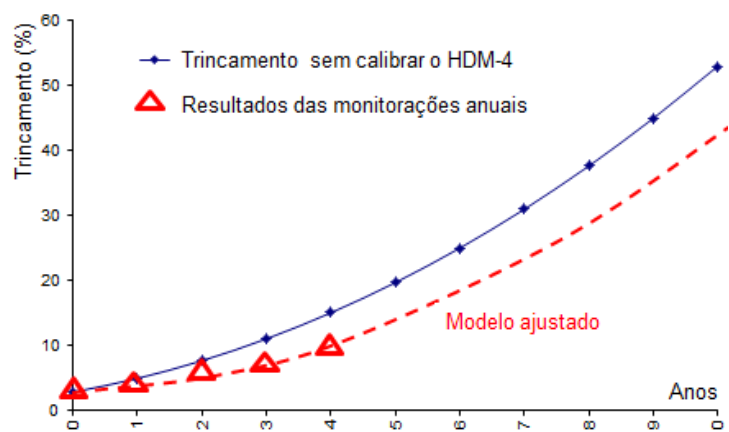


Fig.11. Calibração de modelos de previsão de desempenho [1]

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tem-se acumulado uma gama considerável de informações espaço-temporais dos pavimentos da rodovia BR-116/RJ, km 2 ao 143,5 (Rio de Janeiro, Brasil). Foi desenvolvido um Sistema Gerenciador de Dados (SGD) para o processamento e estruturação de informações de monitorações, intervenções e ensaios realizados em pavimentos ao longo dos anos de 2014, 2015, 2016, 2017 e 2018. As informações dos pavimentos encontram-se armazenadas e estruturadas em um Banco de Dados (BD). As informações estruturadas no BD possibilitaram a projeção gráfica de evolução das condições dos pavimentos por Segmentos Homogêneos (SHs), que podem explicitar o desempenho destes. Através de geoprocessamento (SIG), o BD estruturado foi associado a uma Base Espacial (BE), para permitir visualização dos parâmetros de desempenho dos pavimentos sobre o eixo da rodovia em imagens de satélite e mapas. A navegação sobre a imagem de satélite contendo o eixo da rodovia com os parâmetros a cada 200 m, apresentados por escala de cores (faixa de valores), tornou mais amigável a visualização das condições dos pavimentos ao longo do tempo. A visão espaço-temporal proporcionada por estes dados tem contribuído com a compreensão dos mecanismos que governam o comportamento dos pavimentos. Para previsão de desempenho foram adotados os modelos do HDM-4. As curvas de previsão de desempenho dos SHs, obtidas pelo HDM-4, são comparadas com as projeções gráficas resultantes das condições monitoradas durante os cinco anos. Tal permite que sejam feitas análises comparativas entre o cenário previsto (HDM-4) e as condições reais de campo (monitorações), considerando inclusive os efeitos das intervenções de conservação e manutenção dos pavimentos. As análises comparativas, por sua vez, são utilizadas para elaboração de estudos de calibração dos modelos de previsão de desempenho do HDM-4. A metodologia concebida não se restringe apenas as atividades apresentadas nesse artigo. Busca-se também uma melhor compreensão da relação campo-laboratório. Está em fase de estudo a possibilidade de construir um Trecho Experimental (TE) com instrumentação específica para monitoração das tensões e deformações mobilizadas nas camadas do pavimento quando das ações do tráfego e clima. A metodologia para gerência de pavimentos objetiva a aplicação de recursos humanos e financeiros e matérias primas em quantidade adequada, sem excessos, antes que o pavimento se aproxime de um grau de deterioração avançado, que exigiria maiores esforços e impactos ambientais.

9 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Concessionária Rio-Teresópolis S.A. (CRT) pela parceria com a ENGGOTECH para elaboração de estudos de pavimentação, viabilizados através do Recurso de Desenvolvimento Tecnológico (RDT), disponibilizados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT).

10 REFERÊNCIAS

1. R. C. Silva, L. S. Amaral, D. D. Muniz, C. L. S. Romeiro Junior. Análises do Comportamento e Desempenho dos Pavimentos da Via040, Brasília/DF a Juiz de Fora/MG. *Revista ANTT*, v. 7, p. 1-15, 2015.
2. R. C. Silva, L. M. G. Motta, K. K. L. Vianna, J. G. Souza Júnior, D. P. Costa. Levantamento Visual Contínuo Informatizado (LVCI) Pelo Método da Varredura – Comparação com outros métodos. *Revista Estradas*, nº 23, Ano 17 – Novembro 2018, pp. 64-70, Porto Alegre, RS, 2018.
3. DNIT 005/2003-TER. Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos: terminologia. *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes*, Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2003.
4. H. R. Cedergren. *Drenagem dos Pavimentos de Rodovias e Aeródromos: livros técnicos e científicos*. Ed. S.A. Rio de Janeiro, 1980.
5. AASHTO – AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. *Guide for design of pavement structures*. Washington: AASHTO, 1993.
6. SAPEM, *South African Pavement Engineering Manual*. South African National Roads Agency Ltd, 2014.
7. J. G. Souza Júnior. *Aplicação do Novo Método de Dimensionamento de Pavimentos Asfálticos a Trechos de Uma Rodovia Federal*. Dissertação MSc. – UFRJ/ COPPE/ PEC, Rio de Janeiro, 2018.
8. S. Ferri. *Critérios de aceitação e controle da qualidade da execução de camadas de fundação de pavimentos novos através de métodos deflectométricos*. Dissertação MSc – USP, São Paulo, 2013.