

# Inspeção e indicadores de avaliação do estado de conservação dos pavimentos da Rede Rodoviária Nacional

Sandra Lopes<sup>1</sup>; Emanuel Duarte<sup>1</sup>; João Fonseca<sup>1</sup>; Teresa Moital<sup>1</sup>

sandra.lopes@infraestruturasdeportugal.pt, [emanuel.duarte@infraestruturasdeportugal.pt](mailto:emanuel.duarte@infraestruturasdeportugal.pt);  
[joao.fonseca@infraestruturasdeportugal.pt](mailto:joao.fonseca@infraestruturasdeportugal.pt); teresa.cmartins@infraestruturasdeportugal.pt

<sup>1</sup> Direção de Asset Management, Infraestruturas de Portugal, SA, Campus do Pragal · Praça da Portagem, 2809-013 Almada, Portugal

---

## Resumo

*O Sistema de Gestão de Pavimentos (SGPav) da Infraestruturas de Portugal, SA, enquanto ferramenta fundamental de apoio à gestão de ativos, suporta a metodologia da Avaliação da Qualidade dos pavimentos, que está sustentada numa análise global, que permite a determinação de um índice de qualidade global (IQ), que resulta da combinação dos parâmetros de estado obtidos nas inspeções, de acordo com uma formulação baseada no valor de PSI (Presente Serviceability Index), desenvolvido com base na informação obtida no ensaio AASHO (American Association of State Highway Officials). Relativamente às atividades de Inspeção e Diagnóstico dos pavimentos, a IP aprovou a implementação de uma Nova Estratégia, durante o ano de 2017, tendo em vista a obtenção de uma resposta mais eficaz no que diz respeito à segurança, manutenção e exploração das infraestruturas ao longo do seu ciclo de vida. A Nova Estratégia está alicerçada na internalização do processo inspetivo, na redefinição de ciclos de inspeção de acordo com os critérios de diferenciação da rede e na renovação e modernização dos seus equipamentos, meios e procedimentos, num projeto em desenvolvimento no horizonte 2017/2024. Contudo, considerando que na formulação do índice de qualidade (IQ), a irregularidade longitudinal (IRI) tem um peso muito significativo, decorre que o índice indica essencialmente o estado superficial dos pavimentos, ou seja a sua qualidade funcional. Deste modo, tendo em vista uma melhor caracterização do estado de conservação dos pavimentos, designadamente a sua qualidade estrutural, considerou-se necessário desenvolver, no âmbito da Nova Estratégia, um estudo de um novo indicador, complementar ao IQ, que permitisse apoiar de forma mais consistente e objetiva a tomada de decisão na identificação e planeamento das necessidades de intervenção nos pavimentos. Propõe-se assim efetuar no presente artigo uma apresentação da Nova Estratégia de Inspeção e Diagnóstico que está em fase de implementação na IP.*

---

**Palavras-chave:** Estratégia de Inspeção; Indicador; Parâmetro de Estado; Pavimento Flexível; SGPav

## 1. INTRODUÇÃO

A Infraestruturas de Portugal, S.A. (IP) é a maior gestora de ativos em Portugal, constituídos por mais de 15.000 km de rede rodoviária, de 4.000 km de rede ferroviária, 7000 obras de arte e 500 estações, que permitem a circulação de 22.200.000.000 veículos.km por ano e 35.000.000 de comboios.km por ano, para além de integrar um significativo património imobiliário.

A gestão integrada da rede rodoferroviária potencia a intermodalidade e a complementaridade entre os dois modos de transporte e aproveita as sinergias existentes, o que permite garantir um serviço de mobilidade multimodal sustentável, seguro e eficiente, requerendo para o efeito de uma eficaz gestão de ativos. Para atingir este desiderato, torna-se fundamental dispor de ferramentas de apoio à decisão que suporte o conhecimento sobre os ativos e a organização das respetivas atividades inerentes. Enquadrando-se assim neste contexto o Sistema de Gestão de Pavimentos (SGPav) da IP.

O SGPav teve em 2003 o início do seu processo de desenvolvimento, tendo a IP contratado externamente a sua conceção a uma equipa multidisciplinar (Consultores e Universidades), processo este concluído em 2007. A partir desse ano o SGPav teve uma implementação a nível Nacional designadamente através da realização de Inspeções às Vias e atualização do Inventário de Intervenções, processos assegurados por meios próprios da Empresa e de forma ininterrupta até ao momento atual. O conhecimento exaustivo do estado de conservação dos pavimentos da Rede Rodoviária Nacional, bem como das intervenções realizadas em cada troço, passou a permitir a obtenção de cenários futuros da qualidade da rede através da aplicação de modelos de previsão do

comportamento do pavimento. Da mesma forma, o SGPav passou igualmente a suportar a análise de diferentes cenários de atuação na rede, permitindo perspetivar a evolução futura da qualidade da mesma em função da estratégia a seguir.

O inventário da rede de estradas que efetivamente está sob gestão da IP foi concluído no final de 2010, na sequência da identificação de todas as secções de estradas que foram objeto de Inspeções de Rotina nos anos 2009 e 2010, o que permitiu conhecer a sua real extensão. A natural dinâmica da rede, resultante da construção de novas estradas, das correções de traçado, bem como das alterações de jurisdição, origina que, no âmbito do SGPav, se proceda a uma contínua atualização do inventário da rede de estradas da IP. A extensão de estradas inventariadas no final de dezembro de 2018 era de 13.622 km. Contudo, para efeito das inspeções principais, a rede de estradas tem de ser inventariada no SGPav com secções distintas por faixa de rodagem em estradas de dupla faixa, e nestas circunstâncias a extensão de vias para inspeção era, àquela data, de 14.113 km.

Desde 2007 têm sido efetuados diversos esforços de melhoria das várias vertentes do ciclo de atuação associado ao SGPav, tal como esquematizado na Figura 1. Para além do constante empenho na atualização da base de dados dos pavimentos, através do carregamento de todas as intervenções realizadas nos mesmos (Histórico de Intervenções), a vertente de inspeção aos pavimentos tem sido alvo de melhorias contínuas.



**Figura 1 – Descrição do ciclo de atuação associado ao SGPav**

Em 2009 foi aprovada a estratégia de inspeção e diagnóstico com vista à aquisição de um veículo de inspeção multifunção, o Perfilómetro Laser, e à recuperação do veículo pesado SCRIM (*Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine*), destinado à recolha dos dados de aderência do pavimento. No ano de 2011 inicia-se a inspeção com o perfilómetro a laser e no ano seguinte com o SCRIM.

A entrada em funcionamento do Perfilómetro Laser (equipamento automático de inspeção em contínuo) contribuiu decisivamente para a consolidação do SGPav, com especial enfoque na fiabilidade da informação recolhida no âmbito das inspeções realizadas, permitindo igualmente aumentar a confiança no modelo de comportamento dos pavimentos dada a sua dependência do valor de qualidade inicial. Também no que diz respeito à avaliação de cenários, foram alterados alguns procedimentos face à necessidade de adaptar o SGPav a um contexto de maior limitação do investimento disponível, introduzindo a capacidade de produzir cenários em função de diferentes limites orçamentais. Em seguida apresenta-se o desenvolvimento e implementação da Nova Estratégia de Inspeção e Diagnóstico na IP, incluindo a descrição da evolução dos métodos de inspeção até ao presente. Posteriormente apresenta-se o estudo de um novo indicador, designado índice de conservação (IC), que complementarmente ao IQ, permite uma melhor caracterização do estado de conservação dos pavimentos, designadamente a sua qualidade estrutural, que visa apoiar de forma mais consistente e objetiva a tomada de decisão na identificação e planeamento das necessidades de intervenção nos pavimentos.

## 2. NOVA ESTRATÉGIA DE INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DOS PAVIMENTOS

### 2.1. Evolução dos métodos de inspeção até ao presente

No âmbito da conceção do SGPav foi estabelecida a necessidade de realização de inspeções (à data visuais) ao estado superficial dos pavimentos com a periodicidade de dois anos, de modo a permitir o acompanhamento da evolução do estado de degradação dos pavimentos. No ano de 2007 realizou-se a primeira campanha de inspeções visuais dos pavimentos após a conclusão do desenvolvimento do SGPav, tendo ainda tido lugar em 2008 algumas inspeções complementares. A campanha de 2007 abrangeu cerca de 12.000 km de estradas sob jurisdição da empresa. No ano de 2009 deu-se início a um ciclo de inspeção constituído por 2 anos para a cobertura completa da rede rodoviária nacional classificada (50% em cada ano) e 4 anos para as estradas desclassificadas (25% em cada ano). No ano de 2010 foram realizadas inspeções visuais dos pavimentos cobrindo os restantes 50% da rede classificada e mais 25% das estradas desclassificadas.

Em termos de inspeções visuais, os parâmetros recolhidos estavam essencialmente relacionados com as degradações dos pavimentos, agrupadas no caso dos pavimentos flexíveis nas seguintes categorias: fendilhamento; degradações superficiais (incluindo-se peladas, desagregação superficial, exsudação de betume, polimento dos agregados e deformações localizadas); covas; reparações e rodeiras [2]. Os pavimentos rígidos têm um conjunto específico de degradações, a que aqui não se faz referência, uma vez que estes pavimentos têm uma muito baixa expressão no conjunto da rede (menos de 1% da extensão).

O registo dos parâmetros foi feito com recurso ao equipamento informático VIZIROAD instalado numa viatura, o qual é constituído por 2 teclados, com cada tecla a identificar um parâmetro e nível de gravidade do mesmo, ligado a um computador. Simultaneamente, as equipas de observação realizam o levantamento posicional das estradas com recurso a recetor GPS. A experiência acumulada neste tipo de inspeção aponta no sentido de se atingir um rendimento médio de 80 km de estrada inspecionada por dia, sendo necessário 3 intervenientes no processo (condutor e 2 operadores). Sendo um rendimento significativamente baixo para efeitos de gestão ao nível da rede, e tratando-se de um processo que, pela sua natureza, pode estar sujeito a questões de subjetividade, foi identificada como necessária uma melhoria no processo de inspeções.

A aquisição em 2010 de um perfilómetro laser veio alterar significativamente o processo existente até então. Este equipamento (ver Figura 2) é capaz de medir os desvios altimétricos da superfície do pavimento em relação a um perfil ideal, permitindo o cálculo de diversos indicadores da regularidade superficial do pavimento, como o *International Roughness Index* – IRI, medida típica da irregularidade longitudinal do pavimento. O perfilómetro laser permite igualmente a determinação do perfil transversal de um pavimento, tendo em conta o mesmo princípio de medida aplicado na medição do perfil longitudinal. Com base na informação proveniente de 14 sensores laser dispostos ao longo da barra situada na frente do veículo, é possível obter em tempo real uma imagem do perfil transversal da via percorrida. Este perfil permite posteriormente o cálculo da profundidade das rodeiras, sendo possível considerar diversos parâmetros tais como a rodeira máxima ou rodeira média, além das rodeiras direita e esquerda.



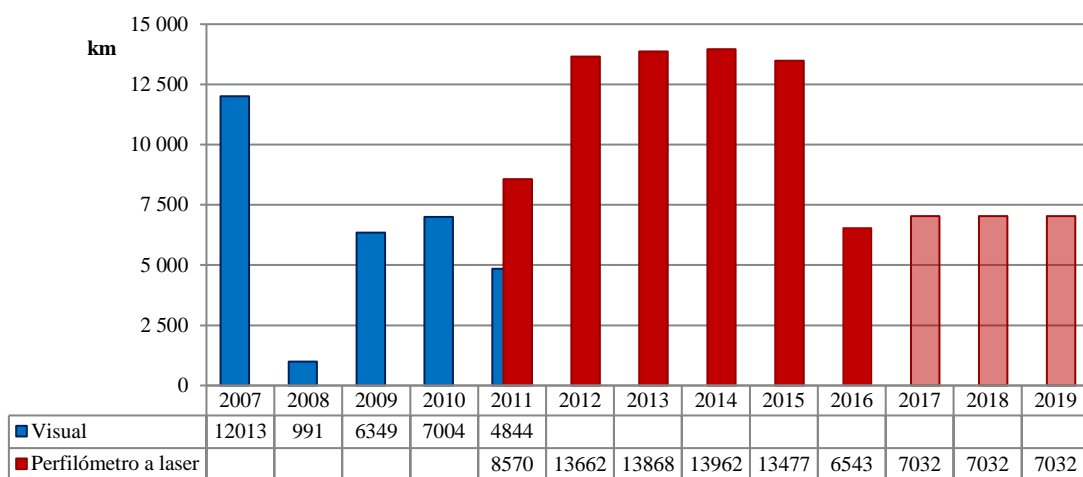
**Figura 2 – Perfilómetro laser utilizado nas inspeções mecânicas e equipamento do operador**

Além da irregularidade longitudinal e transversal do pavimento, o perfilómetro laser da IP permite igualmente a obtenção da macrotextura superficial do pavimento e de um conjunto de parâmetros geométricos da via tais como a inclinação longitudinal, inclinação transversal e raio de curvatura. Todos estes parâmetros são posteriormente processados e disponibilizados com um espaçamento de 10 metros tendo por base as coordenadas GPS e distância percorrida. O levantamento dos dados relativos à degradação fendilhamento tipo “pele de crocodilo” continua a ser efetuado de forma manual com recurso à inspeção visual.

Conforme referido anteriormente, iniciou-se em 2012 a recolha dos dados de aderência dos pavimentos através da utilização do equipamento SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine).

Também em 2012 foi instalado no veículo do Perfilómetro um equipamento de registo videográfico, passando os resultados da inspeção a incluir igualmente imagens de alta resolução devidamente georreferenciadas. A experiência já existente na sua utilização permite a obtenção de rendimentos de inspeção nunca inferiores a 200 km por dia, valores claramente superiores aos obtidos na inspeção visual. Por outro lado, a possibilidade da obtenção de dados válidos no intervalo de velocidades compreendido entre os 30 e os 90 km/h permite uma fácil integração no tráfego, minimizando-se dessa forma a perturbação provocada aos utentes. As equipas neste caso são constituídas pelo condutor e pelo operador, tendo para efeito recebido formação pela empresa fornecedora do equipamento.

O gráfico da Figura 3 mostra a extensão anual de inspeção desde 2007. De 2012 a 2015 a percentagem de rede inspecionada com o perfilómetro a laser foi superior a 90%, contribuindo para um conhecimento mais próximo da rede e da sua evolução. Atingido o objetivo relativo ao conhecimento da rede e do seu comportamento, a IP procedeu à revisão da estratégia de inspeção, redefinindo os ciclos de inspeção passando a 1 ano para a rede de maior importância e de 3 anos para a restante rede.



**Figura 3 – Evolução da extensão anual de rede IP inspecionada com meios próprios**

## 2.2. Proposta a Desenvolver

### 2.2.1. Ciclos de Inspeção

A definição de novos ciclos de inspeção da rede teve por base algumas premissas onde se destaca:

- Garantir a adequação dos ciclos anuais de inspeção à gestão de ativos em particular à gestão dos pavimentos, servindo de suporte técnico às opções para a conservação corrente e periódica (grandes reparações) e ao propósito da contribuição para a redução da sinistralidade;
- Garantir o cumprimento da recolha de parâmetros de acordo com o exigido pelo Plano de Controlo de qualidade (PCQ);
- Considerar a rede das subconcessões a retornar com os mesmos critérios da rede sob gestão IP;
- Inspecionar a rede das subconcessões de forma a garantir o cumprimento da obrigação contratual de verificação dos padrões mínimos a respeitar;
- Definir os ciclos ligados à segmentação das secções de acordo com critérios de diferenciação da rede em termos de importância e procura definidos pelo projeto K Rede. O referido projeto foi desenvolvido na empresa, a partir de 2014, com vista à implementação de um modelo de gestão da rede viária, segmentada, assente em critérios de “procura” e “acessibilidade”, por forma a garantir a otimização da sua exploração (operação + conservação);
- Garantir a disponibilidade dos recursos para fazer inspeções extraordinárias (secções fora das campanhas anuais de inspeção principal): inspeções de controlo de qualidade para receções provisórias e definitivas; inspeção para “prestações de serviços” no âmbito do desenvolvimento de projeto internos elaborados pela empresa; investigação e avaliação de desempenho de materiais e soluções técnicas.

No âmbito da definição da estratégia foi realizado um estudo que visava a análise às práticas de outros gestores de redes rodoviárias quanto à inspeção e diagnóstico. Entre respostas a um inquérito enviado e recolha bibliográfica foram caracterizados 15 gestores, maioritariamente representantes das administrações rodoviárias

dos respetivos países. Deste estudo conclui-se que no caso dos parâmetros recolhidos por perfilómetros a laser os ciclos de inspeção variam entre os 1 e 4 anos. Alguns destes países fazem depender o ciclo de acordo com a segmentação sendo de realçar três exemplos Suécia, Inglaterra e Lituânia, que tem 1 ano para a rede de maior importância e 2 ou 3 anos para a restante. Existe igualmente a tendência de tratar de forma diferente a inspeção nas estradas principais (de dupla faixa) quanto às vias a inspecionar, com caracterização de todas ou da maioria destas vias.

Quanto ao coeficiente de atrito a maioria dos países garante a inspeção à totalidade da rede, tendo esta prática resultados diretos na baixa sinistralidade como é o caso da Inglaterra e Holanda. Existe contudo alguns países onde a inspeção é menos abrangente ou seja existem gestores que adotam como critério a medição em zonas com sinistralidade, ou suspeição de problemas de aderência no pavimento e para controlo de qualidade em pavimentos novos.

Dos exemplos internacionais e da experiência interna adquirida pela IP na gestão dos pavimentos, a opção técnica considerada mais adequada passou pela redução dos ciclos realizados com o perfilómetro (ciclo anual com cobertura de cerca de 90% da rede), e do aumento da inspeção com o SCRIM face ao atualmente praticado. No que respeita às vias de maior importância a opção é a de realizar inspeção nos diferentes sentidos e vias, em vez de unicamente numa via e num sentido. Resume-se no quadro seguinte os ciclos de inspeção definidos tendo em consideração a segmentação da rede resultante do projeto K Rede, que considera 4 níveis de rede, que variam desde o segmento S1 (maior importância) até ao segmento S3 (menor importância).

**Quadro 1. Ciclos de inspeção por segmento de rede e por equipamento**

Segmento de rede (K-Rede)	Ciclos de inspeção (anos)	
	Perfilómetro laser	SCRIM
S1, S2.1	1	3
S2.2, S3	3	6

### 2.2.2. Inspeções extraordinárias

As inspeções de controlo de qualidade relacionadas com trabalhos executados no pavimento incluindo para efeito de receções provisórias e definitivas, as inspeções destinadas à caracterização do pavimento para desenvolvimento de projetos de execução e as relacionadas com projetos de investigação e desenvolvimento nas infraestruturas, nos métodos, técnicas e materiais de construção, têm uma característica em comum, que é o de poderem ocorrer em qualquer altura do ano. Por esta razão, e porque podem ter algumas especificidades na metodologia de medição, estas inspeções são consideradas como extraordinárias. No âmbito da implementação da nova estratégia a IP procura cada vez mais apostar na realização deste tipo de inspeções, como forma de contribuir para um aumento da qualidade e eficácia dos trabalhos realizados ao longo do ciclo de vida dos pavimentos.

### 2.2.3. Inspeção de rede de subconcessões

As subconcessionárias são responsáveis pela gestão da inspeção gerindo o seu próprio processo de medições e controlo de qualidade. No entanto, tem sido solicitada pontualmente a realização de inspeções extraordinárias a alguns troços desta rede a pedido da Direção de Gestão de Concessões – DCO. Deste modo, existindo capacidade interna, entendeu-se ser uma mais-valia para a IP a inspeção desta rede por forma a garantir a existência de dados no SGPav nas condições da restante rede sob jurisdição direta da IP. Os ciclos previstos para a rede subconcessionária é de 2 anos para o perfilómetro e 6 anos para o SCRIM.

### 2.2.4. Renovação dos meios de inspeção

A substituição do SCRIM de 1984 da IP afigurou-se como a necessidade de maior urgência, para garantir uma adequada caracterização das condições de aderência dos pavimentos. Desta forma foi lançado um concurso público internacional, para a aquisição de um veículo de auscultação ao Coeficiente de Atrito Transversal - CAT e assistência técnica por um ano. O contrato teve assinatura em Maio de 2018, prevendo-se que o veículo de inspeção esteja em condições de ser usado na inspeção a partir do Agosto de 2019. Com a operacionalização do novo veículo de inspeção do CAT, irá dar-se início ao cumprimento do previsto em termos dos ciclos de inspeção deste parâmetro.

Na área dos perfilómetros a laser, tem havido uma grande evolução, tanto ao nível dos sensores como nas aplicações que a partir da informação recolhida conseguem determinar as patologias de forma mais eficaz e automaticamente. O fendilhamento, que atualmente é recolhido apenas na gravidade maior e de forma visual, com os novos sensores e aplicações é possível a recolha automática desta informação com elevado detalhe.

Como forma de poder tirar partido das vantagens desta nova tecnologia de lasers 3D de elevada resolução a estratégia aprovada prevê a substituição do perfilómetro a laser no ano de 2021.

## 2.3. Conceção do Novo Indicador de Conservação (IC)

### 2.3.1. Situação existente

A atual avaliação da qualidade dos pavimentos na IP, adota uma metodologia de avaliação global que pretende fornecer uma informação do estado do pavimento, através de um único indicador global, índice de qualidade (IQ), decorrente da agregação de diferentes parâmetros de estado.

A metodologia de avaliação da qualidade dos pavimentos implementada no SGPav permite a determinação de um índice da qualidade (IQ), que caracteriza o estado dos pavimentos para cada secção da rede, em função das medições mecânicas dos parâmetros da irregularidade longitudinal, irregularidade transversal e macrotextura e da avaliação, por levantamento visual, do fendilhamento (pele de crocodilo).

A formulação do índice de qualidade (IQ) definido no SGPav é baseada no valor de PSI (Presente Serviceability Index), que resulta dos estudos do ensaio rodoviário AASHO. É um índice que varia entre 0 (pior qualidade) a 5 (melhor qualidade), sendo os valores obtidos enquadrados em 4 classes conforme descrito no Quadro 2.

**Quadro 2. Classes de qualidade atualmente contempladas no SGPav**

<b>IQ</b>	<b>Classe</b>
$IQ < 1,5$	<b>Mau</b>
$1,5 \leq IQ < 2,5$	<b>Medíocre</b>
$2,5 \leq IQ < 3,5$	<b>Razoável</b>
$IQ \geq 3,5$	<b>Bom</b>

A equação (1) traduz, de acordo com a referida fundamentação, o IQ no ano t.

$$IQ_t = 5 \times e^{-0,0002030 \times IRI_t} - 0,002139 \times R_t^2 - 0,03 \times C_{3_t}^{0,5} \quad (1)$$

em que:

$IRI_t$  – é a irregularidade longitudinal do pavimento no ano t (mm/km);

$R_t$  – é a profundidade média das rodeiras no ano t (mm);

$C_{3_t}$  – é o coeficiente de área com pele de crocodilo no ano t ( $m^2/100m^2$ ).

Na formulação do índice de qualidade (IQ), o valor do parâmetro irregularidade longitudinal (IRI) tem um peso muito significativo (cerca de 80%), decorrendo que o índice indica essencialmente o estado superficial dos pavimentos, ou seja a sua qualidade funcional, tendo assim a qualidade estrutural uma contribuição reduzida, o que pode, eventualmente, conduzir a uma informação que não reflita completamente o estado de conservação do pavimento. Deste modo, considerou-se necessário desenvolver, durante o ano de 2017, no âmbito da Nova Estratégia de Inspeção e Diagnóstico, um estudo de um novo indicador, que numa perspetiva de complementaridade do IQ, visa, essencialmente, traduzir melhor o estado estrutural dos pavimentos, tendo em vista apoiar, de forma mais consistente e objetiva, a tomada de decisão na identificação e priorização das necessidades de intervenção nos pavimentos

### 2.3.2. Conceção e Metodologia de Cálculo do Indicador IC

A conceção do novo indicador, designado Índice de Conservação (IC) teve por base pressupostos subjacentes ao estudo que integra a Ação COST 354 e princípios da metodologia de cálculo e da agregação de parâmetros constantes no modelo alemão, com as devidas adaptações e ajustamentos à realidade nacional.

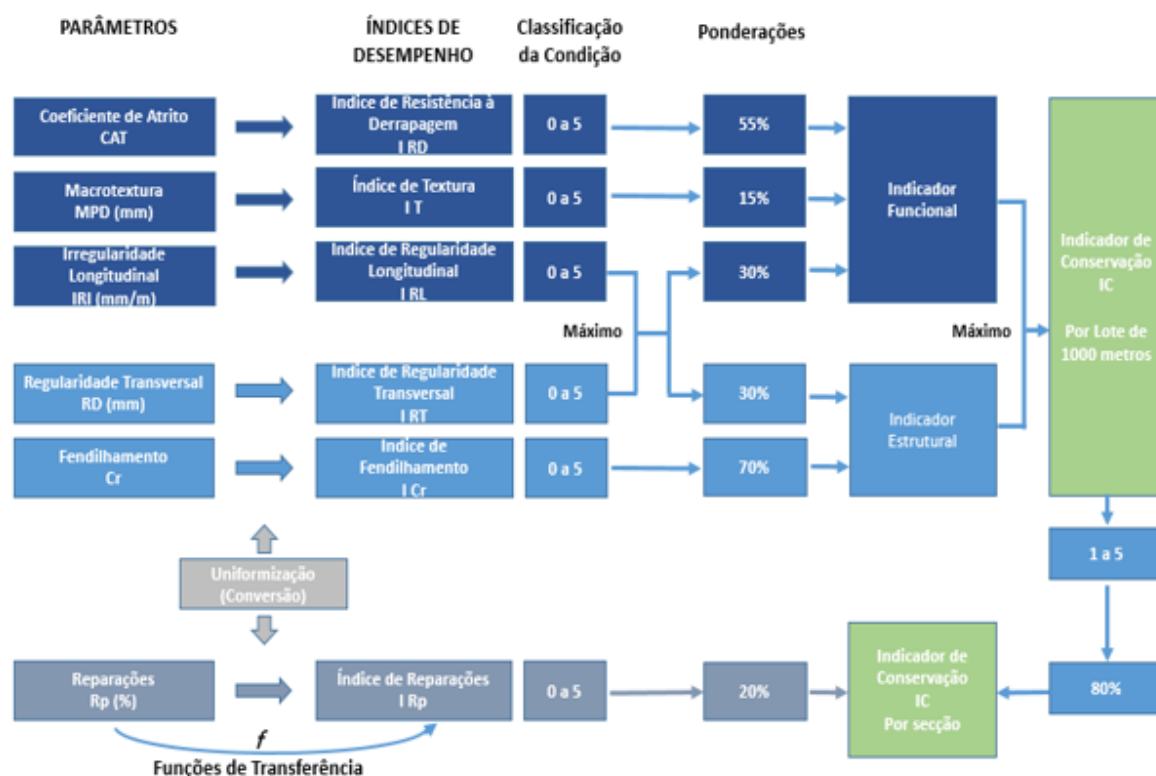
A metodologia de avaliação do IC teve como pressuposto a utilização de parâmetros passíveis de recolha no âmbito da inspeção aos pavimentos, designadamente:

- Coeficiente de atrito transversal (CAT);
- Macrotextura;
- Índice de irregularidade longitudinal (IRI);
- Regularidade transversal (Rodeira);
- Fendilhamento tipo “pele de crocodilo”.

O IC é um índice de avaliação global obtido em função dos diferentes parâmetros de estado acima referidos, os quais são combinados em duas componentes, o indicador estrutural e o indicador funcional, assumindo o IC o valor da componente com maior gravidade.

As funções de transferência (transformação) dos parâmetros técnicos nos correspondentes índices de desempenho foram definidas em conformidade com os pressupostos do estudo da Ação COST 354, tendo sido considerados, para os parâmetros, valores limite e de referência muito próximos ou da mesma ordem de grandeza dos valores estabelecidos no referido estudo, sem ter em conta qualquer diferenciação da tipologia da rede rodoviária.

Conforme a metodologia constante no diagrama com a representação do processo de cálculo do novo indicador IC, apresentado na Figura 3, os parâmetros técnicos são transformados em Índices de desempenho, cuja classificação varia entre 0 (melhor qualidade) e 5 (pior qualidade).



**Figura 3. Diagrama do processo de avaliação do Índice de Conservação (IC)**

No processo de avaliação do IC foi incluído o parâmetro “Reparações” que se refere aos trabalhos de reparação (pavimentação), realizados no âmbito da conservação corrente, que garantam apenas, de forma transitória, uma melhoria ou mitigação das condições deficientes de segurança da circulação rodoviária, tendo por isso um efeito penalizante na avaliação do indicador, para além de que, em algumas vezes, estes trabalhos têm que ser executados de forma repetida, assumindo por isso custos significativos.

Foram considerados como reparações, os trabalhos de fresagem e reposição do pavimento ou de regularização e reperfilamento, sendo o parâmetro medido por secção da rede, em percentagem resultante do quociente da área total de reparações pela área total da secção.

O referido parâmetro encontra-se separado do Indicador Funcional e do Indicador Estrutural, de modo a que este parâmetro, quando apresente valores significativos, seja sempre refletido na avaliação final, independentemente de qual o Indicador (Funcional ou Estrutural) que assuma o valor maior (máximo).

Considerando a realidade da segmentação da rede definida no projeto K Rede e os padrões mínimos de qualidade associados à mesma, que estão definidos no Plano de Controlo de Qualidade (PCQ) da IP, considerou-se que, no âmbito do processo de maturação do indicador IC, era necessário proceder a uma revisão da metodologia de cálculo, que permitisse a introdução de ajustamentos nas equações de transferência das funções de transferência, decorrentes de variações introduzidas nos valores de referência e limites dos parâmetros que se consideram adequados tecnicamente à gestão da rede e que possam refletir a hierarquização da mesma.

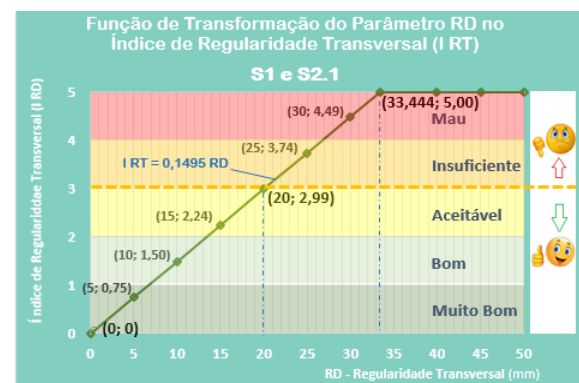
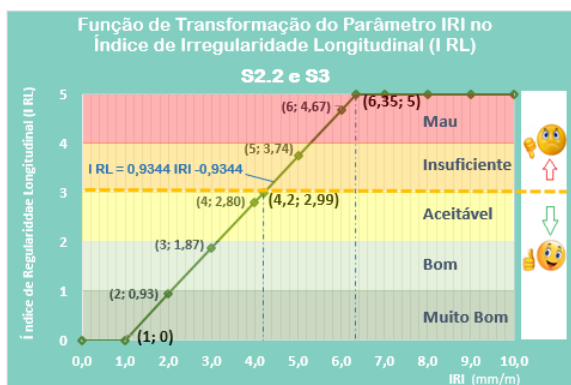
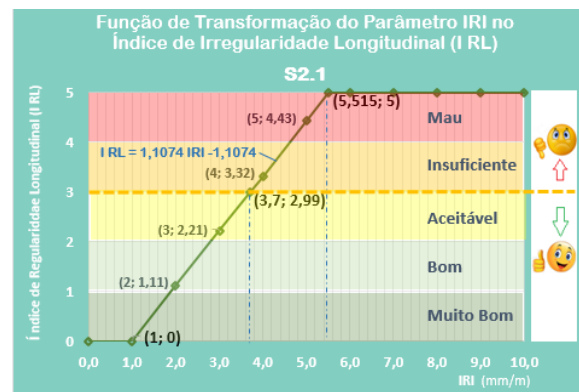
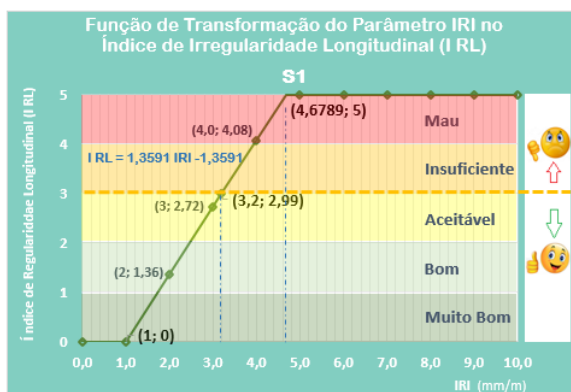
No âmbito da revisão concluída em 2018 foram definidas as equações relativas às funções de transferência dos parâmetros técnicos nos Índices de Desempenho, que se encontram indicadas no Quadro 3.

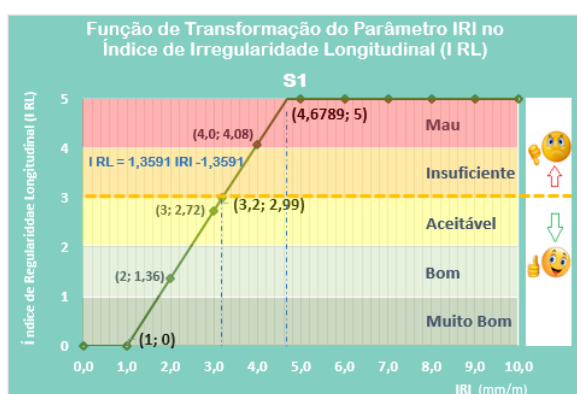
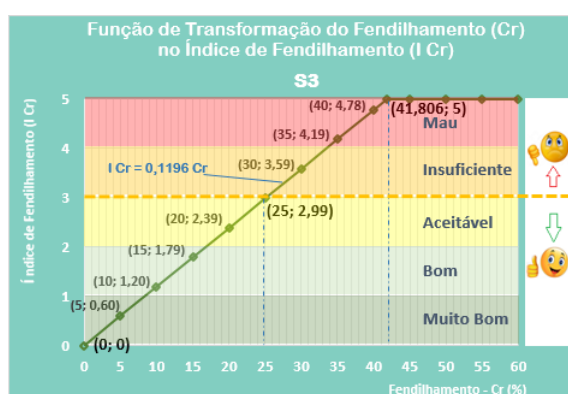
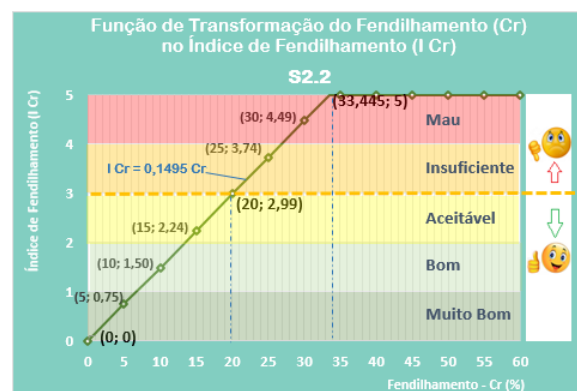
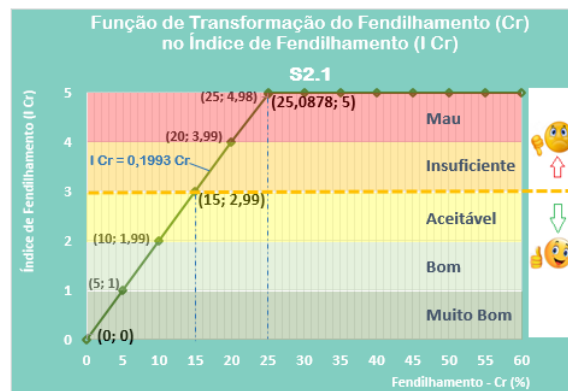
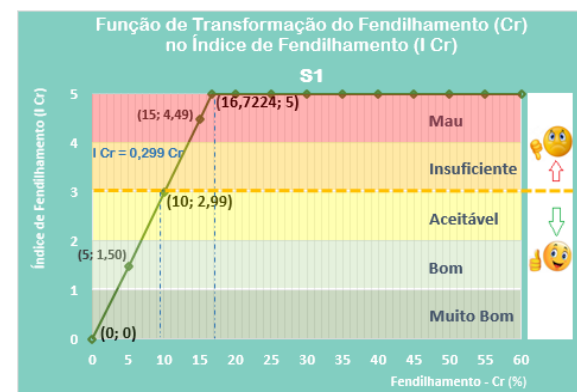
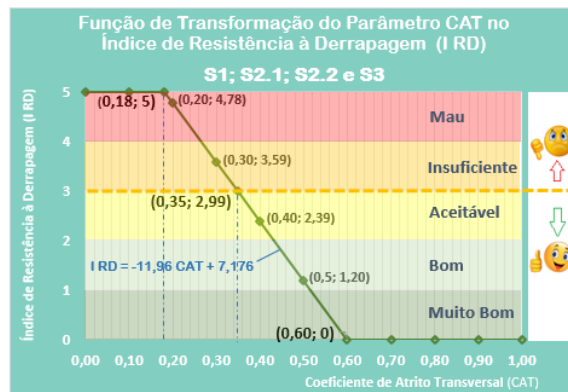
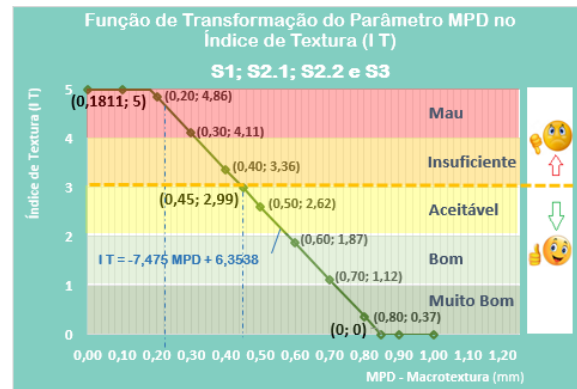
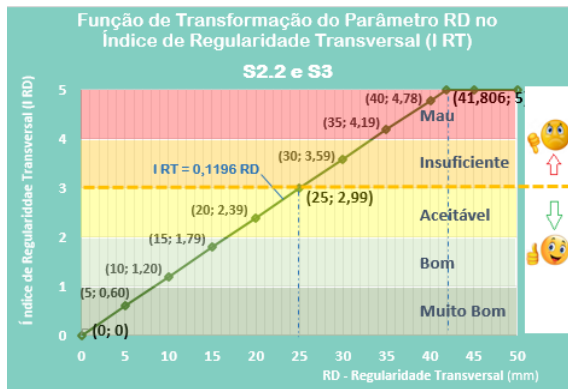
**Quadro 3. Equações relativas às funções de transferência**

PARÂMETROS	FUNÇÕES DE TRANSFERÊNCIA			ÍNDICES DE DESEMPENHO
	Krede	VALORES REFERÊNCIA (limiar do aceitável)	EQUAÇÕES	
Índice de Irregularidade Longitudinal (IRI)	S1 S2.1 S2.2 e S3	$\leq 3,2$ mm/m $\leq 3,7$ mm/m $\leq 4,2$ mm/m	$I_{RL} = 1,3591 IRI - 1,3591$ $I_{RL} = 1,1074 IRI - 1,1074$ $I_{RL} = 0,9344 IRI - 0,9344$	Índice Regularidade Longitudinal (I RL)
Regularidade Transversal (Cavado de Rodeira)	S1 e S2.1 S2.2 e S3	$\leq 20$ mm $\leq 25$ mm	$I_{RT} = 0,1495 RD$ $I_{RT} = -0,1196 RD$	Índice de Regularidade Transversal (I RT)
Macrotextura	S1; S2.1; S2.2 e S3	$\geq 45$ mm	$I_T = -7,475 MPD + 6,3538$	Índice de Textura (I T)
Coefficiente de Atrito Transversal (CAT)	S1; S2.1; S2.2 e S4	$\geq 0,35$	$I_{RD} = -11,96 CAT + 7,176$	Índice de Resistência à Derrapagem (I RD)
Fendilhamento (Tipo "pele de crocodilo")	S1 S2.1 S2.2 S3	10% 15% 20% 25%	$I_{Cr} = 0,299 Cr$ $I_{Cr} = 0,1993 Cr$ $I_{Cr} = 0,1495 Cr$ $I_{Cr} = 0,1196 Cr$	Índice de Fendilhamento (I Cr)

f

As funções de transferência dos diversos parâmetros técnicos nos correspondentes índices de desempenho são apresentadas nos gráficos seguintes:





O índice de conservação (IC) encontra-se dividido, de acordo com os valores obtidos, em 5 níveis (classes) de acordo com a distribuição indicada no Quadro 4.

**Quadro 4. Classes de qualidade do IC**

ÍNDICE DE CONSERVAÇÃO (IC)	CLASSE
$4 \leq IC \leq 5$	Mau
$3 \leq IC < 4$	Insuficiente
$2 \leq IC < 3$	Aceitável
$1 \leq IC < 2$	Bom
$0 \leq IC < 1$	Muito Bom

### 2.3.3. Análise Comparativa dos Resultados do IC versus IQ

O Plano de Gestão de Ativos (PGA) da IP contempla um número significativo de necessidades de intervenção, em que os pavimentos apresentam valores de índice de qualidade “Razoável” ( $IQ \geq 2,5$ ).

No Quadro 5 apresentam-se alguns exemplos de ações previstas no PGA, que se encontram nas condições acima referidas.

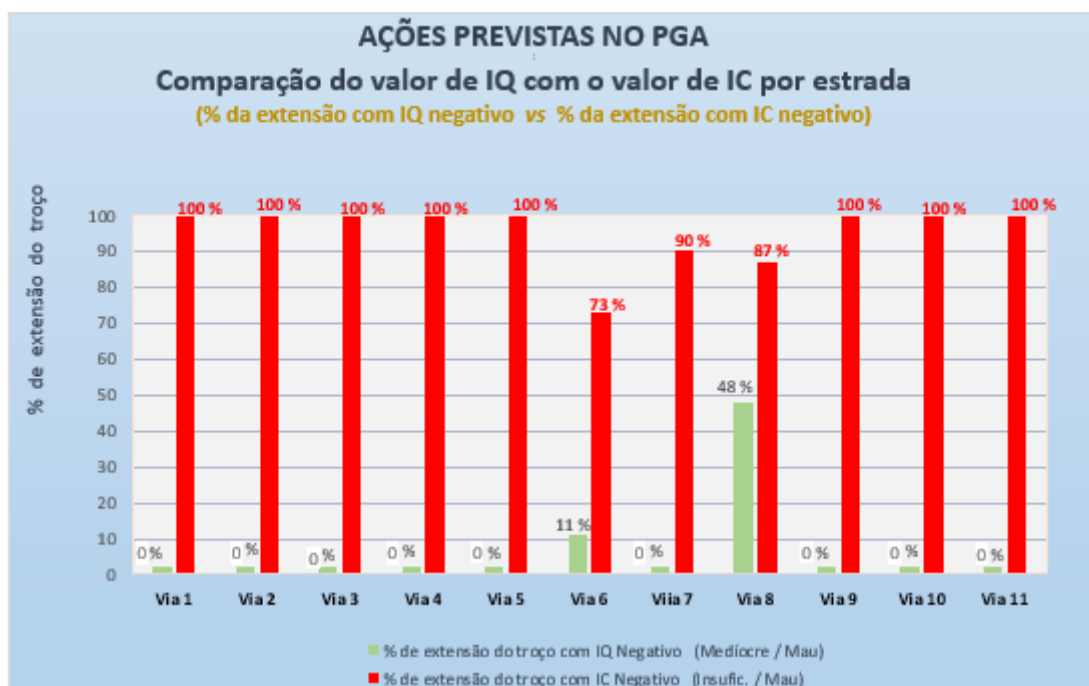
**Quadro 5. Ações previstas em PGA com  $IQ \geq 2,5$  (Razoável)**

Distrito	Descrição da Ação	Secção	IQ			IC		ANÁLISE DE IQ vs IC	
			Ponde-rado	Por Secção	Classe	Valor	Classe	% Extensão com IQ Negativo	% Extensão com IC Negativo
Porto	Via 1. Reabilitação	B853	2,72	2,91	Razoável	3,31	Insuficiente	0%	100%
		B854		2,64	Razoável	3,96	Insuficiente		
Aveiro	Via 2. Reabilitação	D392		2,8	Razoável	4,12	Mau	0%	100%
Guarda	Via 3. Reabilitação	C499		2,61	Razoável	3,96	Insuficiente	0%	100%
		C500							
Viseu	Via 4. Reabilitação	D240		2,64	Razoável	3,97	Insuficiente	0%	100%
Castelo Branco	Via 5. Reabilitação	F615		3,00	Razoável	3,82	Insuficiente	0%	100%
Santarém	Via 6. Reabilitação	F220D	2,7	2,46	Medíocre	3,11	Insuficiente	11%	73%
		F220E		2,44	Medíocre	3,24	Insuficiente		
		F221D		2,79	Razoável	4,1	Mau		
		F221E		2,57	Razoável	4,26	Mau		
		F227D		2,76	Razoável	4,16	Mau		
		F227E		2,76	Razoável	4,12	Mau		
Santarém	Via 7. Reabilitação	F431		3,52	Bom	1,85	Bom	0%	90%
		F383		3,25	Razoável	1,90	Aceitável		
		F384		2,90	Razoável	3,86	Insuficiente		
		F517	2,95	2,81	Razoável	3,86	Insuficiente		
		F518		2,97	Razoável	3,79	Insuficiente		
Setúbal	Via 8. Reabilitação	F231		2,80	Razoável	3,18	Insuficiente	48%	87%
		E708	2,4	2,80	Razoável	2,2	Aceitável		
		E709		2,60	Razoável	4,02	Mau		
		E714		2,20	Medíocre	4,16	Mau		
Setúbal	Via 9. Reabilitação	E428		1,80	Medíocre	4,39	Mau		
		E240		2,88	Razoável	3,85	Insuficiente	0%	100%

**Quadro 5 (Continuação). Ações previstas em PGA com IQ  $\geq 2,5$  (Razoável)**

Distrito	Descrição da Ação	Secção	IQ			IC		ANÁLISE DE IQ vs IC	
			Ponde-rado.	Por Secção	Classe	Valor	Classe	% Extensão com IQ Negativo	% Extensão com IC Negativo
Beja	Via 10. Reabilitação	A561		2,77	Razoável	3,90	Insuficiente	0%	100%
Faro	Via 11. Reabilitação	A350	2,86	2,81	Razoável	3,86	Insuficiente	0%	100%

A partir da informação relativa às ações constantes no quadro anterior elaborou-se o gráfico da figura 4, que estabelece, para cada estrada, uma comparação da % (percentagem) de extensão de via com IQ negativo ( $IQ < 2,5$ ) *versus* % de extensão da mesma via com IC negativo ( $IC \geq 3$ ).



**Figura 4 – Comparação do valor de IQ com o valor de IC por estrada**

#### 2.4. Benefícios práticos da aplicação da estratégia

Os anos iniciais de caracterização mecânica dos principais parâmetros associados aos pavimentos, com cobertura anual na ordem dos 90%, foram fundamentais para um bom conhecimento do estado da rede bem como da evolução dos parâmetros. A redefinição dos ciclos de inspeção, com uma redução associada ao perfilómetro e um aumento do SCRIM, possibilitará uma solução equilibrada, que garante a informação necessária aos técnicos da IP para que estes deem uma resposta mais eficaz no que diz respeito à segurança, manutenção e exploração das infraestruturas ao longo do seu ciclo.

A continuidade da realização das tarefas de inspeção e diagnóstico por meios próprios confirmam um conjunto de vantagens que podem ser sintetizadas nos seguintes pontos:

- Valência interna com elevada especialização de quadro, constituindo uma “massa crítica” de meios humanos conhecedores e especialistas das atividades inerentes à conservação das infraestruturas, e ainda à engenharia de cada uma das especialidades, com especial enfoque nos pavimentos.
- Qualidade nas medições produzidas. A qualidade do resultado final das medições depende de vários fatores. Medições realizadas pelo mesmo equipamento e com um corpo técnico qualificado, com elevada experiência, têm uma enorme influência na qualidade dos dados e na sua comparabilidade entre medições. A qualidade nas medições constitui uma preocupação das administrações rodoviárias que contratam serviços de inspeção uma vez que frequentemente se confrontam com resultados de difícil comparação, pelo facto de resultarem de fornecedores de serviços diferentes com métodos de trabalho e equipamento diferentes.

- Disponibilidade, com capacidade de resposta imediata a solicitações que ocorram ao longo de todo o ano. As inspeções aos pavimentos são normalmente concentradas num determinado período temporal, maioritariamente no verão para o perfilómetro e primavera no caso do SCRIM (Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine). As necessidades de inspeção que surgem fora deste período, são prontamente respondidas num curto espaço de tempo, apenas possível com meios próprios. Bastará recordar que no caso do SCRIM da IP este é o único existente em Portugal.
- Menor custo, por comparação com a inspeção realizada externamente.

A renovação dos meios de inspeção, é uma aposta fundamental, como forma de garantir a capacidade de recolha e tratamento de dados, em especial do Coeficiente de Atrito Transversal, aumentando igualmente o leque de parâmetros disponíveis no futuro por exemplo aquando da operacionalização do novo perfilómetro baseado em tecnologia laser 3D de elevada resolução e aplicações com capacidade de classificação automática das patologias.

## 4. CONCLUSÕES

O presente artigo descreveu sumariamente a Nova Estratégia de Inspeção e Diagnóstico dos Pavimentos que está em desenvolvimento na IP no horizonte 2017/2024, bem como a conceção e metodologia de avaliação do novo indicador de conservação (IC).

Com a Nova Estratégia apoiada na internalização do processo inspetivo, na redefinição de ciclos de inspeção, de acordo com os critérios de diferenciação da rede e na renovação e modernização dos equipamentos mecânicos de inspeção com tecnologia de ponta, considera-se expectável uma melhoria importante na capacidade de resposta, bem como na qualidade e fiabilidade dos dados de inspeção, com ganhos de eficiência significados.

Com base nos casos apresentados relativos a ações constantes no Plano de Gestão de Ativos da IP, foi demonstrado que o novo indicador IC traduz melhor a caracterização do estado de conservação dos pavimentos, evidenciando por isso melhor a efetiva necessidade de intervenção nos mesmos. Deste modo considera-se demonstrada a aplicabilidade do novo indicador IC, como um complemento válido à avaliação da qualidade dos pavimentos existente no SGPav, contribuindo deste modo para uma tomada de decisão mais consistente e objetiva na identificação e priorização das necessidades de intervenção nos pavimentos.

#### **4. REFERÊNCIAS**

1. EP (2004). *Sistema de Gestão de Pavimentos. Manual de Utilização*. Estradas de Portugal, S. A. Almada. Portugal.
2. EP (2007). *Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários*. Estradas de Portugal, S. A. Almada. Portugal.
3. EP (2015). *Apresentação do Projeto “K Rede”*. Estradas de Portugal, S. A. Almada. Portugal.
4. Picado-Santos, L., Ferreira, A., Pereira, P. (2006). *Estruturação de um Sistema de Gestão de Pavimentos para uma Rede Rodoviária de Carácter Nacional*. Revista Engenharia Civil da Universidade do Minho, N.º 26, Guimarães, Portugal, pp. 43-60.
5. Proposta de novo Indicador de conservação (IC), 2017.
6. Revisão da metodologia de implementação do Novo Indicador (IC), 2018.