

AVALIAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS MUNICIPAIS COM BAIXO TRÁFEGO – SITUAÇÃO EXISTENTE E METODOLOGIA DE APOIO

Nélia Figueiredo¹, Silvino Capitão¹ e José Neves²

¹IPC – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Eng^a Civil, Rua Pedro Nunes, 3030-199 Coimbra, Portugal

email: capitao@isec.pt <http://www.isec.pt>

²Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

Sumário

O artigo apresenta os resultados de um inquérito realizado a 25 municípios portugueses, o qual permitiu um melhor conhecimento da situação existente em relação às redes rodoviárias a conservar e às condições de decisão sobre as ações de conservação. Os resultados permitiram desenvolver uma metodologia simples de apoio à decisão relativamente às técnicas de conservação de pavimentos, por análise multicritério, considerando o seu índice de qualidade, o tráfego, e critérios de custo e benefício associados às técnicas consideradas. A metodologia permite maior objetividade no processo de decisão relativo à conservação dos pavimentos rodoviários dos municípios, embora utilizando meios simples.

Palavras-chave: Avaliação da qualidade; métodos de apoio à decisão; preservação de pavimentos.

1 INTRODUÇÃO

As condições das estradas contribuem significativamente para a vitalidade geral da economia. Ao melhorar a qualidade do pavimento, está a aumentar-se a sua vida útil e a eficácia dos programas de conservação preventiva, melhorando-se também a segurança dos utilizadores e da circulação de bens.

Os orçamentos disponíveis nas autarquias são cada vez menores, o que implica uma diminuição do investimento na construção rodoviária. Contudo, é necessário manter o património construído, devendo optar-se cada vez mais pela conservação preventiva dos pavimentos existentes, retardando assim a sua degradação.

Neste artigo são apresentados os resultados de inquéritos realizados a 25 municípios portugueses, de modo a perceber quais as dificuldades com que se deparam aquando da escolha de uma técnica de conservação, quais as técnicas que utilizam com maior frequência e quais os critérios para a sua escolha. Após a análise dos resultados obtidos com os inquéritos, apresenta-se uma metodologia simplificada de gestão da conservação de pavimentos, a qual permite fazer uma avaliação da qualidade dos pavimentos e estabelecer, de forma simples, o horizonte das intervenções a realizar e hierarquizar as técnicas de conservação a utilizar.

Procede-se à aplicação a um caso prático da referida metodologia, nomeadamente aos pavimentos de três arruamentos do município de Coimbra, de maneira a ilustrar a sua aplicação.

2 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DAS AÇÕES DE CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS MUNICIPAIS: ESTUDO DE CASO

De modo a conhecer melhor como é que os municípios atuam no que respeita à conservação de pavimentos, fizeram-se inquéritos a 25 municípios dos distritos de Coimbra, Guarda, Leiria e Santarém. O inquérito foi elaborado numa plataforma eletrónica para a realização de inquéritos. A taxa de respostas foi de apenas 40%. Mesmo assim, a análise dos resultados permitiu conhecer melhor a realidade dos municípios portugueses [1].

O inquérito foi dividido em seis partes, pretendendo-se obter informações sobre os seguintes aspetos: características gerais das redes rodoviárias; técnicas de conservação utilizadas (atuações pontuais, tratamentos

superficiais ou camadas de espessura “forte”); critérios utilizados para escolher as técnicas de conservação; dificuldades na escolha das técnicas para tratar as patologias.

Verificou-se que maioritariamente os pavimentos dos municípios são flexíveis, existindo uma pequena parcela de pavimentos de blocos (cubos de rocha e similares). Além disso, existe tráfego pesado significativo somente em 5 a 15% da extensão das vias pavimentadas. Não foi possível obter valores fidedignos relativos ao orçamento médio anual utilizado em conservação de pavimentos. Isto pode ser explicado pelas seguintes razões: o orçamento disponibilizado pelas autarquias às freguesias não foi considerado em todas as respostas; a idade média dos pavimentos dos diferentes municípios é bastante diferente de caso para caso, o que leva a necessidades de intervenção muito diferentes; o serviço técnico que respondeu é responsável apenas pelas ações de conservação corrente, cabendo a outro serviço as ações de maior impacto orçamental.

No que diz respeito às técnicas de conservação pontuais concluiu-se que cerca de 70% dos municípios fazem com frequência tapagem de covas, saneamentos localizados e reparações de remates de tampas. O mesmo não acontece com a selagem individual de fendas e com as fresagens localizadas, uma vez que estas técnicas praticamente não são aplicadas. O tapamento de valas abertas nos pavimentos é realizado com agregado britado de granulometria extensa (*tout-venant*) por cerca de 70% dos municípios inquiridos, enquanto a reutilização do material proveniente da abertura de valas é cada vez menos utilizado. Técnicas mais sofisticadas, como a utilização de betão pobre, eventualmente autocompactável, não são praticamente utilizadas para o tapamento de valas.

Dentre os tratamentos superficiais utilizados para a conservação das características superficiais dos pavimentos, têm aplicação mais frequente os revestimentos superficiais betuminosos (70% das respostas). Alguns dos municípios utilizam também microaglomerado betuminoso a frio. Pelo contrário, a aplicação de lama asfáltica, microbetão betuminoso rugoso e argamassa betuminosa são relativamente pouco utilizadas.

A utilização de técnicas de conservação com aplicação de camadas de espessura “forte” em substituição das existentes, demolidas por fresagem ou por outra técnica, não é muito usual nos municípios. Contudo, 90% dos inquiridos declararam que utilizam com bastante frequência camadas de desgaste em betão betuminoso a quente, com 4 cm ou mais de espessura, aplicadas sobre o pavimento existente. As técnicas destinadas apenas ao reperfilamento dos pavimentos são utilizadas apenas por 20% dos municípios inquiridos.

A seleção das técnicas de conservação é condicionada por alguns critérios, ainda que quem decide sobre a sua aplicação possa não os considerar de forma explícita. O inquérito procurou identificar os principais critérios considerados no processo de decisão, designadamente os seguintes: rapidez de execução; montante gasto pela autarquia na execução dos trabalhos; interferência com a circulação nas vias intervencionadas; disponibilidade de empreiteiros com equipamentos para executar a técnica escolhida; possibilidade de execução dos trabalhos com meios internos aos serviços da Câmara Municipal; durabilidade das técnicas aplicadas; decisão política.

As respostas obtidas permitiram concluir que todos os critérios de seleção são considerados importantes, embora o montante gasto pela autarquia e a durabilidade das técnicas aplicadas sejam os que mais são tidos em conta na altura de selecionar a técnica de conservação. Não foram descritos outros critérios de seleção utilizados pelos municípios além dos indicados nas opções do inquérito.

O processo de escolha das técnicas a aplicar em cada caso não está isento de dificuldades, particularmente nos municípios que não disponham de estruturas técnicas suficientemente especializadas. Por isso, o inquérito procurou recolher informação sobre essas dificuldades.

Verificou-se uma dispersão considerável nas respostas a este grupo de questões, não havendo nenhuma que, dentre as dificuldades indicadas no inquérito, sejam destacadas pelos municípios. No entanto, as restrições orçamentais parecem condicionar bastante a escolha das técnicas, mesmo quando estas parecem ser mais adequadas que outras soluções mais baratas. São ainda assinaladas como dificuldades a avaliação do estado de degradação dos pavimentos e o estabelecimento da altura adequado para a execução dos trabalhos, embora isso corresponda a uma minoria dos municípios respondentes.

3 GESTÃO SIMPLIFICADA DA CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS

De forma a simplificar a avaliação do estado de degradação dos pavimentos e a estabelecer o momento em que uma intervenção deve realizar-se, procedeu-se à aplicação de uma metodologia simplificada, a qual se baseou no subsistema de avaliação da qualidade usado no estado do Nevada e aplicado à cidade de Lisboa em 1999, com a modificação dos coeficientes, de modo a que o sistema pudesse ser aplicado à rede nacional [2].

A fórmula usada no Estado de Nevada que permite avaliar a qualidade do pavimento é [2]:

$$PSI=5 \times e^{(-0,0002598 \times IRI)/4 - \frac{0,002139}{4} \times R^2 - 7 \times 0,03 \times (C+S+P)^{0,5}} \quad (1)$$

Usando a adaptação à cidade de Lisboa [3]:

$$IQ=5 \times e^{-0,0002598 \times IRI - 0,002139 \times R^2 - 0,10 \times (C+S+P)^{0,5}} \quad (2)$$

Nota: $(C+P+S) \leq 100\%$

Onde:

IQ - é o índice da qualidade e varia de 0 a 5 (o mesmo que PSI – *Present Serviceability Index*);

IRI - é a irregularidade longitudinal do pavimento (mm/km);

R - é a profundidade média das rodeiras (mm);

C - é a área com fendilhamento e pele de crocodilo ($m^2/100m^2$, em %);

S - é a área com degradação superficial de materiais como o conjunto das “deteriorações superficiais” e as covas ($m^2/100m^2$, em %);

P - é a área com reparações ($m^2/100m^2$, em %).

O cálculo da estimativa do valor do IRI necessário para a aplicação da expressão (2) pode fazer-se recorrendo aos parâmetros apresentados no Quadro 1. Além disso, para facilitar o preenchimento dos parâmetros da fórmula (2) recorre-se a um catálogo como o que se pode observar no Quadro 2.

Quadro 1. Valores para o cálculo do IRI [3]

Degradação	Intervalo	Condição	Nível	IRI
Fendilhamento	$\leq 1,25$	\leq	1	Tipo 1 IRI=700mm/km
Rodeiras		\leq	1	
Peladas, Desagregação sup., exsudação, etc.		\leq	1	
Fendilhamento	$\geq 1,25$ e $\leq 2,25$			Tipo 2 IRI=2000mm/km
Rodeiras				
Peladas, Desagregação sup., exsudação, etc.				
Fendilhamento	$\geq 2,25$	$=$	3	Tipo 3 IRI=3500mm/km
Rodeiras		$=$	3	
Peladas, Desagregação sup., exsudação, etc.		\geq	2	






De forma a ser perceptível como se calcula o valor do IRI apresenta-se um exemplo simples:

Imagine-se uma estrada com 100 m de comprimento e 6 m de largura. Suponha-se que 20 m estão afetados por fendilhamento do tipo fendas longitudinais, ou seja, fendilhamento de gravidade 2, de acordo com o Quadro 2. Suponha-se ainda que o pavimento tem 10 m afetados com fendilhamento do tipo pele de crocodilo, ou seja, gravidade 3, e que não tinha mais qualquer tipo de degradação. Assim, a restante extensão de 70 m terá um fendilhamento com o nível de gravidade 1 (o mínimo considerado na metodologia).

Uma vez que apenas existe fendilhamento, para o cálculo do IRI considera-se apenas aquela patologia, quantificada pela expressão (3):

$$Fendilhamento = \frac{Gravidade \times comprimento\ afectado}{Comprimento\ total} \quad (3)$$

Quadro 2. Dados para avaliação da qualidade [3]

Degradação	Gravidade	Descrição do nível de gravidade	Exemplo	Área afetada (*)
1-Rodeiras	1	Profundidade máxima da rodeira inferior a 10mm		5mm
	2	Profundidade máxima da rodeira entre 10mm e 30mm		20mm
	3	Profundidade máxima da rodeira superior a 30mm		30mm
2-Fendilhamento	1	Fenda isolada		i)
	2	Fendas longitudinais ou transversais abertas e/ou ramificadas		ii)
	3	Pele de crocodilo		iii)
3-Peladas, Desagreg. Sup., Exsudação de betume, Polimento dos agregados, Def. localizadas	1	Anomalia com largura inferior a 30cm		i)
	2	Anomalia com largura entre 30cm e 100cm		ii)
	3	Anomalia com largura superior a 100cm		iii)
4-Covas	1	Profundidade máxima da cavidade inferior a 2cm		i)
	2	Profundidade máxima da cavidade entre 2cm e 4cm		ii)
	3	Profundidade máxima da cavidade superior a 4cm ou várias covas de qualquer largura na mesma secção transversal		iii)
5-Reparações	1	Reparações bem executadas		$\frac{1}{4} \times$ iii)
	2	Reparações com baixa qualidade de execução ou má elaboração das juntas		$\frac{1}{2} \times$ iii)
	3	Reparações mal executadas		iii)

(*) Valor adotado para efeito de cálculo da qualidade

i) $0,5m \times$ Comprimento afetado

ii) $2,0m \times$ Comprimento afetado

iii) Largura do trecho \times Comprimento afetado

Substituindo em (3) os valores do exemplo, fica: $Fendilhamento = \frac{2 \times 20 + 3 \times 10 + 70 \times 1}{100} = 1,4 \Rightarrow$ **Tipo 2** (entre 1,25 e 2,25).

Uma vez que o pavimento não apresentava mais nenhum tipo de patologia pode concluir-se que o IRI é do tipo 2, ou seja, tem um valor de 2000mm/km. O raciocínio seria o mesmo no caso de existirem outras patologias, sendo o valor do IRI decidido com base no nível de gravidade mais elevado das patologias consideradas.

Aplicou-se a metodologia descrita a três arruamentos do município de Coimbra. Escolheram-se vias com níveis de degradação visualmente diferentes, de modo a poder obter-se índices de qualidade que abrangessem as três gamas de IQ consideradas na metodologia, tal como se mostra no Quadro 3.

Quadro 3. Limites do IQ para a avaliação da qualidade dos pavimentos [3]

Bom \Rightarrow IQ > 3,5	Razoável \Rightarrow 2,5 < IQ < 3,5	Medíocre \Rightarrow IQ < 2,5
----------------------------	---------------------------------------	---------------------------------

As ruas escolhidas foram a **Alameda Armando Gonçalves [A]**, a **Rua Dr. António José de Almeida [B]** e a **Rua João de Deus Ramos [C]**, todas da zona urbana de Coimbra. Na Fig. 1 apresenta-se o traçado das ruas escolhidas, bem como as coordenadas geográficas dos pontos de início e de fim dos trechos avaliados.

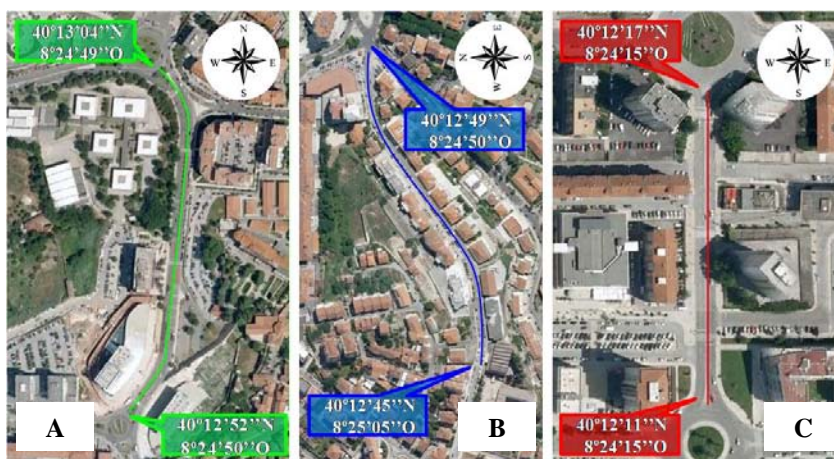


Fig. 1. Traçado das vias em estudo e coordenadas geográficas dos pontos de início e de fim dos trechos avaliados

Foi feito o levantamento das patologias existentes nas três vias de acordo com as regras definidas nos Quadros 1 e 3. O levantamento foi feito a pé, de modo a ser possível visualizar detalhadamente as patologias existentes no pavimento, bem como efetuar medições e fazer um registo fotográfico das degradações. A metodologia aplicada pode ser utilizada quase sem meios técnicos, o que evidencia a sua utilidade para as pequenas redes municipais, para as quais a disponibilidade de meios técnicos pode ser mais difícil. Com a aplicação do procedimento referido obtiveram-se os resultados que se apresentam no Quadro 4.

Quadro 4. Resumos dos resultados obtidos [1]

RUAS	IRI (mm/km)	IQ (Valor quantitativo)	IQ (Qualitativo)
Alameda Armando Gonçalves	700	4,01	Bom
Rua Dr. António José de Almeida	700	3,12	Razoável
Rua João de Deus Ramos	3500	1,37	Medíocre

Calculados os índices de qualidade, considerou-se ainda um sistema de avaliação de estratégias de intervenção muito simplificado, proposto em [4], cujo objetivo é apoiar a decisão no que se refere à melhor altura para intervir, de modo a reduzir os custos e manter a qualidade do pavimento acima de um determinado índice de qualidade. Para ser possível a aplicação da avaliação de estratégias de intervenção torna-se necessária a determinação do índice de qualidade, o qual é utilizado para determinar o PCI (*Pavement Condition Index*), ou seja, o índice de qualidade global do pavimento. Pode estabelecer-se uma correspondência aproximada entre os valores do índice de qualidade IQ e do PCI, tal como se apresenta no Quadro 5.

Quadro 5. Intervalos do PCI e correspondência com o estado do pavimento (adaptado de [3], [4] e [5])

IQ	PCI	Estado do pavimento
4-5	80-100	Excelente/Muito plano
3-4	60-80	Regular/ Plano com algumas saliências e depressões
2-3	40-60	Razoável / Confortável com saliências e depressões intermitentes
1-2	20-40	Mau / Desconfortável com saliências e depressões frequentes
0-1	0-20	Muito Mau / Desconfortável com saliências e depressões constantes

Depois de definido qual o PCI, recorre-se a uma matriz de decisão, a qual dá indicação sobre quando se deve proceder à intervenção no pavimento. No Quadro 6 está representada a matriz de decisão a ter em conta aquando da decisão de intervenção com base no PCI.

Quadro 6. Matriz de decisão (adaptado de [3] e [4])

Matriz de decisão com base no valor de PCI				
Tempo para a intervir	Autoestrada	Via arterial	Via coletora	Via local
Não necessita	> 85	> 85	> 80	> 80
6 a 10 anos	76 a 85	76 a 85	71 a 80	66 a 80
1 a 5 anos	66 a 75	56 a 75	51 a 70	46 a 65
Reabilitação	60 a 65	50 a 55	45 a 50	40 a 45
Reconstrução	<60	<50	<45	<40

Aplicando a matriz de decisão às vias estudadas obtiveram-se os resultados que se resumem no Quadro 7. Para a classificação das vias utilizaram-se os critérios habitualmente considerados para efeitos de hierarquização viária [6].

Quadro 7. Resumo dos resultados

Rua	PCI em função de IQ	Tipo de via	Tempo de intervenção
Alameda Armando Gonçalves	$IQ=4,01 \rightarrow 80 < PCI < 100$	Via coletora	Não necessita
R. Dr. António José de Almeida	$IQ=3,12 \rightarrow 60 < PCI < 80$	Via local	1 a 5 anos
R. João de Deus	$IQ=1,37 \rightarrow 20 < PCI < 40$	Via coletora	Reconstrução

No caso da Rua Dr. António José de Almeida, como o valor de PCI estava compreendido entre 60 e 80, existiam dois cenários de decisão na matriz (Quadro 6). Fazendo uma interpolação direta, concluiu-se que a um valor de IQ de 3,12 correspondia um PCI de 62,4, o que permitiu verificar que o intervalo de PCI a considerar seria de 46 a 65 e, portanto, o período de intervenção adequado estaria no intervalo de 1 a 5 anos.

Na Fig. 2 pode ver-se o estado dos pavimentos escolhidos para estudo. Da esquerda para a direita: Alameda Armando Gonçalves, Rua Dr. António José de Almeida e a Rua João de Deus Ramos.



Fig. 2. Aspeto visual do estado dos pavimentos analisados

4 METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO

A metodologia de apoio à decisão desenvolvida para escolher as técnicas de conservação a utilizar recorre a uma análise multicritério, a qual pondera critérios de custo e de benefício. Para efetuar a análise que se apresenta recorreu-se ao *software Hiview3* [7], o qual permite a aplicação de juízos de valor qualitativos e, por isso, reproduz suficientemente bem o processo de decisão efetuado por técnicos experimentados. Fez-se também uma

análise de sensibilidade que o programa permite efetuar, de modo a averiguar a robustez da decisão quando se fazem variar os juízos de valor iniciais.

A análise dos resultados dos inquéritos permitiu concluir que os municípios usam quase sempre as mesmas técnicas de conservação de pavimentos, independentemente do estado do pavimento, do tráfego que o utiliza e do tipo de patologias existentes. Assim, a aplicação de uma metodologia de apoio à decisão pode facilitar a escolha da técnica de conservação a aplicar num pavimento, para determinado cenário, em termos de degradação do pavimento e das condições da via.

O processo pode ser descrito de uma maneira generalista através de várias etapas. A primeira etapa passa pela criação de uma árvore de decisão que se divide, neste caso, em três níveis, sendo o topo representado pelo objetivo a alcançar que neste caso é a escolha de um tratamento aplicar num pavimento em determinadas condições. O nível intermédio é constituído pelos critérios a ponderar e, na base, as alternativas que irão considerar-se.

Para a escolha da técnica de conservação foram consideradas treze alternativas, as quais são apresentadas no Quadro 8. As alternativas foram escolhidas tendo em conta as respostas aos inquéritos e o conhecimento das técnicas geralmente mais usadas, por exemplo, pela Estradas de Portugal.

Quadro 8. Alternativas consideradas para a aplicação do método [1]

Alternativas
Tratamentos contínuos
A1. Revestimento Superficial Simples A2. Revestimento Superficial Simples + <i>Fog Seal</i> A3. Revestimento Superficial Duplo A4. AC 10 surf ligante (Microbetão Rugoso - BBr) A5. AC 4 surf ligante (Argamassa Betuminosa - AB) A6. Microaglomerado Betuminoso a Frio A7. Lama Asfáltica A8. AC 14 surf ligante (Betão Betuminoso - BB)
Tratamentos contínuos + Tratamentos localizados
A9. Reperfilamento com AC 20 reg ligante (Mist. Bet. Densa) + Microaglomerado betuminoso a frio simples A10. Fresagem + Reparação de Covas + Revestimento Superficial Duplo A11. Reperfilamento AC 14 surf ligante (Betão betuminoso) + Microaglomerado betuminoso a frio simples A12. Fresagem + Reparação de Covas + Revestimento Superficial Simples A13. Reparação de covas + Lama Asfáltica

A ramificação da árvore dá origem a nós onde estão localizados os critérios. Alguns dos critérios considerados tiveram origem na análise de resultados dos inquéritos efetuados aos serviços municipais. Foram considerados critérios de custo, cujo objetivo é minimizar o seu impacto, ao mesmo tempo que se procura maximizar o impacto dos critérios de benefício. Os critérios de custo e de benefício estão apresentados no Quadro 9.

Quadro 9. Critérios considerados na aplicação do método [1]

Critérios	Tipo de critério
C1. Custo da solução (materiais + execução) C2. Perturbação para os utentes durante a intervenção/tempo de execução C3. Disponibilidade de empreiteiros/equipamentos C4. Alteração das cotas de soleira	Critérios de custo
B1. Impermeabilidade B2. Textura/Rugosidade/Atrito B3. Regularidade B4. Influência na capacidade resistente	Critérios de benefício

Consideraram-se quatro critérios de custo, os quais foram estabelecidos com base nos resultados dos inquéritos e validados por profissionais com grande experiência em obras de conservação de pavimentos. Os critérios de benefícios considerados traduzem as características que geralmente se pretende melhorar com as ações de conservação. Depois do estabelecimento dos critérios pode criar-se a árvore de decisão a ser usada para a aplicação do método de análise utilizando o *Hiview3*.

Após a construção da árvore foi necessário pontuar as alternativas face aos critérios utilizados. No Quadro 10 está a representação dessa pontuação. Cada uma das alternativas é classificada relativamente a cada critério, resultando uma escala de valores. Esta escala mostra, na opinião do decisor quanto é que uma alternativa é preferível em relação às outras. Os juízos de valor qualitativos utilizam o método *MACBETH* (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*). O *MACBETH* permite a definição de funções de valor e a determinação de coeficientes de ponderação no quadro de um modelo aditivo de agregação [8].

Neste sistema começa-se por ordenar as alternativas consoante a sua importância relativamente a cada critério. Para tal coloca-se a seguinte questão ao decisor: Considerando um critério C, qual a alternativa mais importante neste critério? E qual a segunda mais importante? E assim sucessivamente até à última [8].

Quadro 10. Importância das alternativas relativamente aos critérios [1]

Alternativas		Critérios							
		C1	C2	C3	C4	B1	B2	B3	B4
		Custo (€/m ²)	Tempo relativo de exec./perturbação para os utentes	Disp. Equip. / Empreiteiros	Alteração de cotas de soleira	Impermeabilidade	Rugosidade/Aderência	Regularidade	Cap. Resistente
A1	Rev. Superficial Simples	2	4	5	1	1	3	1	1
A2	Rev. Sup. Simples + Fog-seal	2,6	3	5	1	2	3	1	1
A3	Rev. Sup. Duplo	3	3	5	1	3	3	2	1
A4	Microbetão rugoso	5	1	4	3	4	5	3	3
A5	Argamassa betuminosa	4	1	4	2	5	1	3	2
A6	Microaglomerado betuminoso a frio	1,5	5	3	1	3	2	2	2
A7	Lama asfáltica	1	5	3	1	2	1	1	1
A8	AC 14 surf ligante (BB)	5	1	5	4	4	4	4	4
A9	Reperfilamento com AC 20 reg ligante + M.A.B.a frio simples	4,3	3	3	2	3	2	3	2
A10	Fresagem + Reparação de Covas + Rev. Sup. Duplo	3,9	2	5	1	3	3	3	1
A11	Reperfilamento AC 14 surf ligante (BB) + M.A.B. a frio simples	3,5	3	3	2	3	2	3	2
A12	Fresagem + Reparação de Covas + Rev. Sup. Simples	2,9	2	5	1	1	3	2	1
A13	Reparação de covas + Lama Asfáltica	2,6	5	3	1	2	1	2	1

Escala 1= Mau..... 5= Bom (critérios C2 a C4 e B1 a B4)

Custos: correspondem a valores médios indicados em propostas para obras de conservação corrente promovidas pela Estradas de Portugal no ano de 2010.

Para cada um dos seis casos estudados, foram avaliadas as treze alternativas de tratamento. Dessa avaliação derivaram os resultados apresentados no Quadro 11, no qual estão assinaladas as quatro alternativas com melhor classificação e, portanto, com maior potencial de utilização para os cenários a que dizem respeito.

Analisando os resultados apresentados no Quadro 11, pode concluir-se que o tratamento geralmente mais pontuado é o microaglomerado betuminoso a frio, o que corresponde ao esperado pela análise do Quadro 10, no qual pode ver-se que aquele tratamento obtém as melhores classificações na maioria dos critérios. Aquela técnica de conservação é a escolhida em primeiro lugar em quatro casos e constitui uma das alternativas plausíveis nos restantes dois casos. Por seu lado, o revestimento superficial duplo é um tratamento selecionado em todos os casos estudados, embora nunca como primeira opção. O revestimento superficial simples é selecionado em 5 das 6 situações sendo, por isso, uma técnica de uso relevante.

Quadro 11. Resumo dos resultados obtidos [1]

Caso	Tráfego	IQ	Ordenação das Alternativas		Alternativas
1	Elevado	2,5 a 3,5	1°	A6	-Microaglomerado betuminoso a frio
			2°	A1	-Rev. Sup. Simples
				A3	-Rev. Sup. Duplo
			3°	A2	-Rev. Sup. Simples + Fog-Seal
		A7	-Lama Asfáltica		
		A8	-AC 14 surf ligante (BB)		
2		<2,5	1°	A6	-Microaglomerado betuminoso a frio
			2°	A8	-AC 14 surf ligante (BB)
	3°		A4 A11	-Microbetão rugoso -Reperfilamento com AC 14 reg -ligante + Microaglomerado betuminoso a frio simples	
	4°		A1 A3	-Rev. Sup. Simples -Rev. Sup. Duplo	
3	Médio	2,5 a 3,5	1°	A6	-Microaglomerado betuminoso a frio
			2°	A3	-Rev. Sup. Duplo
			3°	A1	-Rev. Sup. Simples
			4°	A2 A8	-Rev. Sup. Simples + Fog-Seal -AC 14 surf ligante (BB)
4		<2,5	1°	A8	-AC 14 surf ligante (BB)
			2°	A3 A4 A6	-Rev. Sup. Duplo -Microbetão rugoso -Microaglomerado betuminoso a frio
			3°	A10	-Fresagem + reparação de covas + rev. Sup. Duplo
			4°	A1	-Rev. Sup. Simples
5	Baixo	2,5 a 3,5	1°	A1	-Rev. Sup. Simples
			2°	A3	-Rev. Sup. Duplo
			3°	A2 A6	-Rev. Sup. Simples + Fog-Seal -Microaglomerado betuminoso a frio
			4°	A8	-AC 14 surf ligante (BB)
6		<2,5	1°	A6	-Microaglomerado betuminoso a frio
			2°	A4	-Microbetão rugoso
			3°	A3 A8 A10	-Rev. Sup. Duplo -AC 14 surf ligante (BB) -Fresagem + reparação de covas + Rev. Sup. Duplo
			4°	A11	-Reperfilamento com AC 14 reg ligante + Microaglomerado betuminoso a frio simples

Tráfego: parâmetro considerado para representar o transtorno dos utilizadores aquando da execução de trabalhos de conservação ou para ter em conta que a via se mantém relativamente degradada durante um período considerável (via com tráfego elevado: distribuidora principal; tráfego moderado: distribuidora local; baixo tráfego: via de acesso local).

O AC 14 surf ligante (BB) também figura como uma alternativa adequada a situações em que são úteis grandes melhorias no pavimento (IQ <2,5), ao nível da irregularidade e da capacidade de carga.

Já no que diz respeito ao uso de tratamentos localizados e contínuos em simultâneo, os que melhor se classificaram foram a fresagem com reparação de covas e aplicação de revestimento duplo, e o reperfilamento com AC 14 reg ligante com aplicação de microaglomerado betuminoso a frio. As restantes combinações de técnicas não aparecem nas alternativas escolhidas porque associam um custo relativamente elevado a um tempo de execução apreciável, havendo risco de indisponibilidade de meios técnicos para a sua execução.

5 CONCLUSÕES

A realização de inquéritos permitiu concluir que os municípios utilizam um número reduzido de técnicas de conservação. Verificou-se que as mais utilizadas, no que respeita a tratamentos contínuos, são os revestimentos superficiais ou as camadas de espessura “forte” recorrendo ao uso de AC 14 surf ligante (BB). As técnicas mais

utilizadas nem sempre serão as mais adequadas a todas as situações, ponderando os aspetos técnicos e económicos.

A aplicação do procedimento de avaliação da qualidade que se utilizou, associado à matriz de decisão proposta pelo Asphalt Institute possibilita, como se mostrou, um melhor planeamento no tempo das ações de conservação, com base no índice de qualidade do pavimento. Esta metodologia traz maior objetividade ao processo de decisão, particularmente quando as estruturas técnicas municipais são pouco especializadas e dispõem de poucos meios para a gestão da conservação dos pavimentos da sua rede rodoviária.

O número de técnicas alternativas avaliadas na análise multicritério foi elevado, o que conduziu a pontuações finais muito próximas nalguns casos (o que reflete alguma semelhança entre as técnicas). Por causa disso, a análise de sensibilidade efetuada no *Hiview3* mostrou que a ordenação obtida pode sofrer pequenas alterações entre as treze alternativas em comparação. Mesmo assim, as mais pontuadas foram sensivelmente as mesmas, pelo que o grupo de técnicas de aplicação mais plausível será sensivelmente o mesmo.

Verificou-se que a aplicação de microaglomerado betuminoso a frio é a técnica escolhida com mais frequência (em quatro dos seis casos analisados). Tal facto deve-se ao bom equilíbrio que aquele tratamento apresenta, aliando um baixo custo a um tempo de execução curto, sem alterar as cotas de soleira. Além disso, tem propriedades interessantes no que diz respeito às características superficiais que confere ao pavimento.

O revestimento superficial duplo foi o segundo tratamento mais pontuado, em quatro dos seis casos analisados. Pode considerar-se um resultado significativo, pois para três dos quatro casos em que este tratamento é escolhido em segundo lugar são os casos onde o IQ corresponde a um estado de conservação razoável. Apesar de este tratamento não ser dos mais económicos, encontra-se num patamar intermédio de custo e trata-se de um tratamento que muitos empreiteiros executam. À exceção da melhoria da capacidade resistente, o revestimento superficial duplo confere em geral uma boa melhoria das características superficiais do pavimento.

Em suma, verifica-se que é possível, mesmo com muito poucos meios de análise, fazer uma escolha mais racional do tratamento a aplicar em ações de conservação, de forma simples, reunindo a informação sobre os pavimentos da rede através do levantamento visual do estado do pavimento, para determinação do IQ, de modo a planear no tempo as intervenções a realizar e, ainda, decidir quais as técnicas com maior potencial para realizar os trabalhos.

6 REFERÊNCIAS

1. N. Figueiredo, *Avaliação, Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários Municipais de Baixo Tráfego - Contribuição para uma Metodologia de Apoio*, Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre Construção Urbana, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2011.
2. L. Picado-Santos, A. Ferreira, A. Antunes, C. Carvalheira, B. Santos, H. Bicho, The Pavement Management System for Lisbon. *Institution of Civil Engineers- Municipal Engineer*, Vol. 157, 2004.
3. L. Picado-Santos, *Gestão da Conservação de Pavimentos de Infraestruturas de Transportes*, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Lisboa, 2011.
4. Ogra's Milestones, *Pavement Condition Index 101*, Toronto, 2009.
5. Asphalt Institute, *MS-16 in Pavement Preservation & Maintenance*. Asphalt Institute, 4th edition, Lexington, Kentucky, 2009.
6. A. Seco, A. Antunes, A. Costa, A. Bastos, *Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária – Princípios Básicos da Organização de Redes Viárias*, Comissão de Coordenação de Desenvolvimento Regional do Norte, Porto, 2008.
7. Catalyze Ltd, *Hiview3- Enabling Effective Decisions – Starter Guide*. Winchester, United Kingdom, 2003.
8. F. Martinho, *Reciclagem de Pavimentos – Estado da Arte, Situação Portuguesa e Seleção do Processo Construtivo*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2004.