

# **CONSERVAÇÃO DOS PAVIMENTOS NAS CONCESSÕES RODOVIÁRIAS**

EDUARDO FUNG

*COORDENADOR DE PROJECTOS DA COBA,S.A. E DIRECTOR TÉCNICO DA CONSULSTRADA*

*ANTÓNIO QUINTÃO, COLABORADOR DA COBA, S.A.*

## **RESUMO**

Tem-se vindo a assistir nos últimos anos ao desenvolvimento da exploração das auto-estradas em regime de concessão. A conservação dos pavimentos durante o período correspondente à concessão, normalmente da ordem dos 30 a 40 anos, constitui um encargo significativo para a entidade que ficará ou já tem a seu cargo a exploração da concessão. É pois importante que as actividades de conservação sejam devidamente previstas e orçamentadas, tanto em fase de concorrência para Concessões, como já em fase de exploração das auto-estradas.

Nesta comunicação apresentam-se algumas metodologias utilizadas quer no desenvolvimento de programas ou estratégias de conservação dos pavimentos, em fase de concurso ou de início da exploração da Concessão, quer na gestão dos pavimentos já em situação de vigência de exploração, como resultado de actividades prévias de inspecção e auscultação dos pavimentos.

## **1. INTRODUÇÃO**

A exploração das auto-estradas em regime de concessão requer da entidade concessionária a elaboração de um planeamento e um orçamento adequados para as actividades de conservação dos pavimentos.

Em fase de concurso, a entidade que se candidata à concessão terá de programar um conjunto de actividades a realizar durante o período da exploração, efectuando uma previsão de intervenções a executar de forma a garantir uma capacidade estrutural adequada do pavimento e características funcionais satisfatórias para a circulação dos veículos.

Os pavimentos que integram a concessão poderão ser novos ou recém construídos, ou já sujeitos a um número considerável de passagem de veículos. Para cada uma dessas situações haverá que definir uma estratégia de conservação apropriada, com base na recolha de elementos necessários de análise. Nos pavimentos novos ou recém construídos a programação da conservação é fundamentalmente baseada na estrutura do pavimento dimensionado no projecto de execução respectivo. Relativamente aos pavimentos antigos haverá que efectuar o diagnóstico do estado em que se encontra, do ponto de vista estrutural e funcional.

Em fase de vigência de exploração procede-se a uma monitorização do estado dos pavimentos através de campanhas de inspecção visual e de auscultação efectuada com equipamentos, eventualmente acompanhada de utilização de ferramentas ou programas informáticos para gestão de pavimentos, a que se segue o desenvolvimento de estudos de beneficiação e subsequente execução das respectivas intervenções.

## **2. ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO DOS PAVIMENTOS**

### **2.1. Pavimentos novos**

No caso de pavimentos novos que vão ser construídos ou recém construídos, dispõe-se normalmente de um conjunto de informações actualizadas, tais como:

- estruturas do pavimento: constituição e natureza das camadas;
- eventualmente dados de controle de execução;
- dados de tráfego: nº de veículos pesados / nº de eixos padrão para o período de dimensionamento considerado.

Em função da disponibilidade e do grau de confiança dos dados existentes, será possível prever a vida útil do pavimento e simular as intervenções a realizar durante o período da concessão. Essas intervenções destinam-se a reforçar o pavimento nos momentos apropriados, por forma a permitir que o mesmo suporte o tráfego previsto, até ao fim da concessão e mais o da vida restante que o contrato de concessão normalmente define.

A metodologia utilizada baseia-se na estimativa do tráfego admissível em termos de número de aplicações de carga do eixo padrão adoptado, determinado através de leis de fadiga que permitem obter o seu valor a partir de extensões calculadas nas camadas betuminosas e sobre o solo de fundação.

No caso em que o modo de ruína prevalecente é o das camadas betuminosas, os reforços a realizar terão em conta a irreversibilidade dos danos causados pelo tráfego passado, através da lei de Miner de acumulação de danos.

Para além das intervenções de reforço estimadas em função da estrutura do pavimento existente e do tráfego futuro previsto, haverá que entrar em conta com a necessidade de garantir os requisitos de funcionalidade e de características superficiais, nomeadamente, de regularidade longitudinal, atrito transversal e textura.

A prática francesa cimentada numa ampla experiência de uma rede concessionada com uma extensão superior a 10 000 km de autoestradas apresenta a seguinte estratégia de intervenções que pode servir de base para o desenvolvimento de um programa de conservação dos pavimentos [1] e [2]:

- reforço com 6 cm de betão betuminoso ao fim de 9 anos;
- decorridos mais 8 anos, 60% da área pavimentada será tratada com um microbetão rugoso ou será sujeita a uma reciclagem, sendo os 40% restantes beneficiados com um reforço de 4 a 5 cm de betão betuminoso;
- no ciclo seguinte de 8 anos, alternam-se os tratamentos previstos no ciclo anterior.

## **2.2. Pavimentos existentes**

Relativamente aos pavimentos existentes, cuja data de construção inicial pode ser bastante variável, normalmente os elementos disponíveis são escassos. Neste caso, procura-se obter o máximo de informação sobre os dados relativos à construção – data da construção inicial e intervenções realizadas, nem sempre possíveis de obter.

Para o diagnóstico da situação existente, a partir do qual se fará a análise das intervenções a realizar, efectua-se uma campanha de recolha de dados de campo, que consistem normalmente em:

- inspecção visual e caracterização da situação existente;
- ensaios de carga com o deflectómetro de impacto;
- carotagens e poços, caso seja possível;
- ensaios para a determinação das características superficiais do pavimento: irregularidade longitudinal (IRI), coeficiente de atrito transversal (CAT), entre outros.

A determinação da capacidade estrutural do pavimento existente é efectuada com base na estimativa dos módulos de deformabilidade das camadas e do solo de fundação, através da retro-análise dos resultados dos ensaios de carga com o deflectómetro de impacto. Para o

efeito procede-se ao tratamento desses resultados e ao zonamento da extensão ensaiada em trechos de comportamento homogéneo, definindo para cada um deles a deformada representativa e a constituição do pavimento que normalmente é obtida através da execução de carotes e poços de prospecção. Os módulos de deformabilidade obtidos para as camadas betuminosas são sujeitos a ajustamentos para ter em conta os efeitos da temperatura, associados às condições de realização do ensaio [3] e referentes ao regime local de variação climática ao longo do ano [4]. O diagnóstico do estado do pavimento existente permitirá assim definir as estratégias de intervenção de reforço ou de reabilitação tendo em conta o tráfego futuro previsto.

A inspeção visual e a determinação das características superficiais do pavimento existente permitem definir os trechos onde será necessário prever a realização de intervenções de correcção imediatas ou a curto prazo a nível das camadas betuminosas, para as situações em que as condições de conforto ou de segurança para a circulação não obedeçam aos critérios considerados aceitáveis, observadas ou detectadas através dos valores resultantes da auscultação.

### **3. APLICAÇÃO DAS METODOLOGIAS**

#### **3.1. Etapas na elaboração do plano de manutenção**

A elaboração do Plano Conjunto de Manutenção dos Pavimentos da Concessão inicia-se com a definição dos planos parciais de intervenção nos diversos sub-lanços da Auto-estrada existente e dos novos sub-lanços em construção ou a construir. Os planos parciais são depois sujeitos a ajustamentos, procedendo-se a acertos e redistribuições no tempo, por forma a obter um desejável fluxo equilibrado de custos de intervenções ao longo do período da concessão.

Apresenta-se a seguir uma aplicação das metodologias acima expostas, através de dois exemplos de um conjunto de quadros tipo com as intervenções a realizar ao longo do período da concessão, nomeadamente:

- a) Quadro tipo com intervenções de reabilitação e manutenção distribuídas no tempo, correspondentes a uma faixa de rodagem num sub-lanço referente a um Lanço de Auto-estrada existente, onde se verificam degradações no pavimento (quadro 1). Estes quadros são elaborados para cada uma das faixas de rodagem dos diversos sub-lanços, correspondendo a cada um deles planos de intervenção efectuados com base nas metodologias de estratégias de manutenção descritas no capítulo anterior. A partir

destes quadros será desenvolvido um quadro sumário que abrange a totalidade da extensão do lanço de auto-estrada em estudo.

**Quadro 1 – Intervenções em sub-lanço de Auto-estrada existente**

ESTIMATED QUANTITIES FOR MAINTENANCE OF THE EXISTING MOTORWAY PAVEMENT ALONG THE CONCESSION PERIOD																																	
EXISTING MOTORWAY - Interchange 6 - Interchange 7																																	
	UN	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
<b>km 46+000 - km 70+000 Motorway excluding bridges, viaducts and underpasses Interchange 6 - Interchange 7</b>																																	
Milling of 10cm thickness Asphalt Concrete with 10cm of thickness	m <sup>2</sup>		15264																														
Tack Coat	m <sup>2</sup>		15264																														
Crack Sealing	m		11284																														
Milling of 5cm thickness Asphalt Concrete with 5cm of thickness	m <sup>2</sup>				222734																												
Tack Coat	m <sup>2</sup>				222734																												
Overlay of asphalt concrete with 5cm of thickness	m <sup>2</sup>				235687																												
Tack Coat	m <sup>2</sup>				231066																												
Overlay of asphalt concrete with 6cm of thickness	m <sup>2</sup>																235687																
Tack Coat	m <sup>2</sup>																235687																
Thin bituminous mix with 2.5cm of thickness	m <sup>2</sup>																															231066	
Modified Tack Coat	m <sup>2</sup>																															231066	
<b>km 46+000 - km 70+000 bridges, viaducts and underpasses Interchange 6 - Interchange 7</b>																																	
Milling of 5cm thickness Asphalt Concrete with 5cm of thickness	m <sup>2</sup>		5806																														
Tack Coat	m <sup>2</sup>		5806																														
Milling of 3cm thickness	m <sup>2</sup>				14947												14947															14947	
Thin bituminous mix with 3cm of thickness	m <sup>2</sup>				14947												14947															14947	
Modified Tack Coat	m <sup>2</sup>				14947												14947															14947	

ESTIMATED BUDGET FOR MAINTENANCE OF THE EXISTING TRAKIA MOTORWAY PAVEMENT ALONG THE CONCESSION PERIOD (INTERCHANGE 6 - INTERCHANGE 7)																																	
Costs in Euros		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TOTAL
Milling of 3cm thickness	Euros				32734												32734										32734						98 282
Milling of 5cm thickness	Euros		12715		487788																												500 503
Milling of 10cm thickness	Euros		59986																														59 986
Asphalt Concrete with 5cm of thickness	Euros		23166		888710																												911 876
Asphalt Concrete with 10cm of thickness	Euros																																
Overlay of asphalt concrete with 4cm of thickness	Euros																																
Overlay of asphalt concrete with 5cm of thickness	Euros				940392																												940 392
Overlay of asphalt concrete with 6cm of thickness	Euros																1128942																1 128 942
Overlay of asphalt concrete with 10cm of thickness	Euros																																
Thin bituminous mix with 2.5cm of thickness	Euros																																
Thin bituminous mix with 3cm of thickness	Euros				77575												77575											77575					232 726
Tack Coat	Euros		6532		140678												73063																220 273
Modified Tack Coat	Euros				4634												4634																85 531
Crack Sealing	Euros		11284																														11 284
<b>Total Costs in Euros</b>	<b>Euros</b>	<b>2 005</b>	<b>2 006</b>	<b>2 007</b>	<b>2 008</b>	<b>2 009</b>	<b>2 010</b>	<b>2 011</b>	<b>2 012</b>	<b>2 013</b>	<b>2 014</b>	<b>2 015</b>	<b>2 016</b>	<b>2 017</b>	<b>2 018</b>	<b>2 019</b>	<b>2 020</b>	<b>2 021</b>	<b>2 022</b>	<b>2 023</b>	<b>2 024</b>	<b>2 025</b>	<b>2 026</b>	<b>2 027</b>	<b>2 028</b>	<b>2 029</b>	<b>2 030</b>	<b>2 031</b>	<b>2 032</b>	<b>2 033</b>	<b>2 034</b>	<b>2 035</b>	<b>TOTAL</b>
Structural Intervention	Euros		104 446		2 506 721												1 226 045																3 837 212
Functional Intervention	Euros		11 510		117 242												117 242										190 305						436 299
<b>Total</b>	<b>Euros</b>		<b>115 956</b>		<b>2 623 962</b>												<b>1 343 287</b>									<b>190 305</b>						<b>4 273 511</b>	

– Para os Lanços novos de Auto-estrada são também elaborados quadros idênticos de intervenções correspondentes a faixa de rodagem dos respectivos sub-lanços, com base nas metodologias descritas anteriormente.

b) Quadro tipo geral de resumo contendo os custos totais das intervenções nos Lanços de Auto-estrada existente e de construção nova, distribuídos ao longo do período da concessão, resultante do somatório de todos os quadros parciais (quadro2).

## Quadro 2 – Resumo geral de intervenções nos Lanços de Auto-estrada existente e de construção nova

ESTIMATED COSTS FOR MAINTENANCE OF THE PAVEMENT OF MOTORWAY ALONG THE CONCESSION PERIOD (EXISTING MOTORWAY AND NEW SECTIONS)																																				
Total Costs in Euros - New Sections (both directions)																																				
	Euros	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	TOTAL			
Structural Intervention	Euros									2.234.688	6.960.498	3.776.985	3.583.590	1.657.050	2.045.335	2.045.335	376.880	376.880		935.823	3.776.985	833.394	558.847	689.799	689.799	1.255.698	1.255.698	1.130.579	1.403.739	2.692.048	2.069.398	2.069.398	42.337.541			
Functional Intervention	Euros				18.783	8.117		11.050	17.281	79.063	141.165	41.034	30.599	28.600	18.591	18.591	631.589	631.589		1.558.179	3.194.691	2.305.270	913.415	1.113.211	1.113.211	780.701	780.701	864.496	1.063.186	41.034	2.164.858	1.496.675	19.053.887			
<b>Total</b>	Euros				18.783	8.117		11.050	17.281	2.270.139	6.965.174	3.749.960	3.543.922	1.651.159	2.023.821	2.023.821	1.001.060	1.001.060		2.475.653	6.887.617	3.122.323	1.461.304	1.789.485	1.789.485	2.011.777	2.011.777	1.972.907	2.439.381	2.682.258	4.212.269	3.625.496	61.381.427			
Total Costs in Euros - eastbound carriageway																																				
Structural Intervention	Euros	892.608	935.270		4.643.842							3.481.815																					19.195.322			
Functional Intervention	Euros	147.756			120.779							2.699.948																					6.562.165	10.109.330		
<b>Total</b>	Euros	1.093.002	935.270		4.764.621							6.180.763																					6.662.166	29.304.651		
Total Costs in Euros - westbound carriageway																																				
Structural Intervention	Euros	684.108	1.481.892	3.325.208	4.206.267					1.146.724		1.109.990			1.381.091		2.288.942															2.067.788		1.027.769	21.369.172	
Functional Intervention	Euros	90.838	44.177		127.423					28.102		2.541.917			36.920		127.423																331.293		2.541.917	7.385.688
<b>Total</b>	Euros	674.943	1.626.070	3.325.208	4.333.691					1.174.826		3.651.908			1.418.011		2.414.365																2.399.071		3.569.686	28.682.639
Total Costs in Euros																																				
Structural Intervention	Euros	1.576.616	2.417.163	3.325.208	8.849.909					3.381.692	6.960.498	8.388.790	3.583.590	1.657.050	3.426.427	2.045.335	4.971.359	376.880		935.823	3.776.985	8.606.017	558.847	689.799	689.799	1.255.698	5.289.073	1.130.579	1.403.739	2.692.048	2.714.867	3.097.167	83.660.829			
Functional Intervention	Euros	238.592	44.177		268.985	8.117		11.050	17.281	107.194	141.165	5.291.900	30.599	28.600	55.510	18.591	887.982	631.589	1.268.805	1.558.179	3.194.691	2.863.687	913.415	1.113.211	1.113.211	780.701	1.240.963	864.496	1.063.186	41.034	2.164.858	10.600.759	36.558.905			
<b>Total</b>	Euros	1.787.945	2.461.340	3.325.208	9.118.894	8.117		11.050	17.281	3.444.965	6.965.174	13.576.631	3.543.922	1.651.159	3.441.832	2.023.821	5.851.951	1.001.060		1.268.805	2.475.653	6.887.617	11.473.573	1.461.304	1.789.485	1.789.485	2.011.777	6.486.404	1.972.907	2.439.381	3.098.709	4.212.269	13.657.349	119.232.267		

## 4. GESTÃO DA CONSERVAÇÃO EM REGIME DE EXPLORAÇÃO DE CONCESSÃO

### 4. Acessos rodoviários das Pontes 25 de Abril e Vasco da Gama

#### 4.2.1. Introdução

A exploração das concessões da Ponte 25 de Abril e da Ponte Vasco da Gama e respectivos acessos rodoviários é presentemente efectuada pela Lusoponte, cabendo à Gestiponte a responsabilidade pela gestão da conservação dos pavimentos.

Nos capítulos seguintes pretende-se apresentar alguns exemplos dos resultados da actividade anual de assistência técnica e acompanhamento do estado dos pavimentos rodoviários da Concessão da Ponte Vasco da Gama e da Ponte 25 de Abril.

Esta actividade é composta por uma inspecção visual anual aos pavimentos de todos os acessos integrados em ambas as concessões, realização de campanhas periódicas de auscultação e elaboração de relatórios anuais de caracterização da situação e propostas de intervenção.

#### **4.2.2. Pavimentos dos acessos rodoviários da Ponte 25 de Abril**

A Ponte 25 de Abril entrou em funcionamento em 1966, passando presentemente sobre a sua plataforma rodoviária o tráfego diário mais elevado do País.

Em 1984 foi efectuado o estudo do alargamento da Av da Ponte, passando cada faixa de rodagem de 2 para 3 vias e o reforço do pavimento existente.

Na inspecção visual efectuada em Dezembro de 2001[5], foram detectadas as seguintes situações relativas aos pavimentos dos acessos rodoviários da Ponte 25 de Abril:

- Rodeiras pronunciadas em alguns ramos de nós e na plena via, com destaque na aproximação à Praça de Portagem;
- Frequente degradação nas bermas, verificando-se nalguns casos inexistência de revestimento betuminoso.

As carotagens efectuadas nos pavimentos evidenciaram em muitas situações insuficiência nas espessuras das camadas betuminosas. Tendo em conta o elevado tráfego que circula nos pavimentos da concessão, as intervenções devem ser realizadas durante o período nocturno por forma a permitir a reabertura à circulação nas primeiras horas da manhã. A solução que se afigurou como sendo a mais eficiente consistiu na utilização de misturas de alto módulo em camadas de base ou de regularização e camada de desgaste em microbetão betuminoso rugoso, após fresagem das camadas betuminosas existentes, conferindo ao pavimento reabilitado uma capacidade estrutural significativamente incrementada[6]. Esta metodologia técnica é compatível com a execução por via e por trechos com comprimentos pré definidos.

As múltiplas situações de anomalias nas bermas foram também progressivamente corrigidas, verificando-se neste momento uma melhoria significativa nos vários acessos integrantes da concessão.

As fotografias que se apresentam a seguir mostram as melhorias que se tem vindo a registar na situação dos pavimentos das faixas de rodagem e das bermas.

**Foto 1 – Estado do pavimento e das bermas antes da intervenção – Ramo 2 das Amoreiras**





**Foto 2 – Estado do pavimento e das bermas após intervenção na mesma zona**

#### **4.2.3. Pavimentos da concessão da Ponte Vasco da Gama**

A concessão da Ponte Vasco da Gama inclui no seu conjunto cerca de 18 km de auto-estrada, dos quais aproximadamente 13 km são em obra de arte e 5 km em terrapleno, bem como 3 nós de ligação.

O acompanhamento do estado dos pavimentos incluídos na concessão tem sido efectuado desde 1999, através de inspecções visuais realizadas anualmente e campanhas periódicas de auscultação com equipamento. Os resultados da inspecção visual e da auscultação são introduzidos num programa de gestão. Em função de uma tabela de valores limites pré-estabelecidos de carácter aconselhável ou obrigatório e intervenções tipo de correcção, o programa desenvolve quadros de actividades a realizar e correspondentes investimentos para os próximos anos.



Em contraste com os acessos rodoviários da Ponte 25 de Abril, os pavimentos da concessão da Ponte Vasco da Gama são relativamente recentes, tendo sido dimensionados para uma vida útil de 20 anos, de acordo com as metodologias de cálculo presentemente adoptadas. Não é de esperar deste modo situações de insuficiência estrutural tendo em conta que o tráfego que circulou sobre o pavimento representa ainda uma porção significativamente menor do que aquele para o qual foi dimensionado.

A inspecção dos pavimentos permitiu no entanto a detecção de situações de degradação a nível da camada de desgaste, caracterizado por fissuras longitudinais e desagregação, com indícios de problemas havidos na altura da construção. As carotes extraídas do pavimento apresentavam na camada de desgaste um betão betuminoso de aspecto poroso e desagregável, com agregados de natureza granítica[7].

**Foto 3 – Estado do pavimento no trecho do Acesso Sul, em 2002**



Os pavimentos destas zonas foram em vários locais objecto de intervenção, efectuando-se uma fresagem de 7 cm e execução de camadas novas de betão betuminoso de regularização e microbetão betuminoso de desgaste, tendo-se eliminado nessas zonas as anomalias detectadas.

**Foto 4 – Estado do pavimento no mesmo trecho do Acesso Sul, em 2003, após intervenção**



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] SCETAUROUTE – Manuel de Conception des Chaussées d’Autoroutes, France, 1994.
- [2] ISTED – Tecnología Francesa en materia de mantenimiento vial, Paris, 1996.
- [3] Development of a procedure for temperature correction of backcalculated AC modulus, Texas Transportation Institute, 2001
- [4] Shell Pavement Design Manual. Shell Inst. Petrol Comp. London, 1978.
- [5] Ponte 25 de Abril. Gestão da Conservação dos Pavimentos. COBA, Lisboa, 2002.
- [6] Ponte 25 de Abril. Reabilitação dos Pavimentos dos Acessos Rodoviários. Projecto de Execução. COBA, Lisboa, 2002
- [7] Ponte Vasco da Gama. Gestão da Conservação dos Pavimentos. COBA, Lisboa, 2002.