




**UTILIZAÇÃO DE BORRACHA  
PROCEDENTE DE NFU's NA  
MODIFICAÇÃO DE BETUMES DE  
PAVIMENTAÇÃO**

**CRP (5/04/2006)**

## Índice

1. Antecedentes
  2. Diferentes procedimentos de incorporação de borracha de NFU nas misturas betuminosas.
  3. Betumes borracha.
  4. Caracterização do betume-borracha.
  5. Comportamento das misturas betuminosas.
  6. Manual de utilização de borracha de NFU em misturas betuminosas.
  7. CEDEX-Estudo comparativo BMB-3b/BMP-3b
- 

## 1. Antecedentes



## The annual accumulation of used tyres in EU-countries

Country:	Used Tyres / Year:	Population:
Netherlands	65.000 tn	15.492.800
Belgium	70.000 tn	10.143.000
<b>Spain</b>	<b>330.000 tn</b>	<b>39.241.900</b>
Great Britain	400.000 tn	58.684.000
Italy	360.000 tn	57.330.500
Austria	41.000 tn	8.045.800
Greece	58.500 tn	10.474.600
<b>Portugal</b>	<b>45.000 tn</b>	<b>9.920.800</b>
France	380.000 tn	58.265.400
Sweden	65.000 tn	8.737.500
Germany	650.000 tn	81.845.000
Total	2.542.640 tn	372.552.900



## 2. Diferentes procedimentos de incorporação de borracha de NFU nas misturas betuminosas

1. **Via húmida.** Consiste em modificar betumes incorporando certas quantidades de um determinado tipo de pó de pneus e aditivos, em condições determinadas de temperatura, tempo, energia de agitação, etc.
2. **Via seca.** Utiliza pó de pneus como se de pó mineral se trata-se ou seja como se fosse mais um inerte da mistura betuminosa.
3. **Via mista.** É uma técnica que se encontra neste momento em desenvolvimento. Baseia-se no fabrico de misturas com betume modificado com borracha procedente de NFU's e uma pequena quantidade de pó de pneu como inerte de aportação, directamente no misturador da central betuminosa.

## 3.1. Betumes modificados com borracha (BMB)

1. A CEPSA desenvolveu betumes-borracha estáveis ao armazenamento, utilizando **pó de borracha reactivado** obtido a partir de NFU`s.
2. Foram formulados (com betumes asfálticos seleccionados provenientes das nossas refinarias) **betumes-borracha estáveis** que cumprem as especificações exigidas aos betumes modificados com polímeros.
3. A sua **fabricação** tem lugar nas mesmas **centrais** de produção dos BMP, que são capazes de dispersar eficazmente as partículas de pó de borracha. O **transporte** é efectuado **em cisternas**.
4. Os produtos obtidos são **mais homogéneos** que os fabricados “in situ” sendo as **percentagens de pó de borracha** admissíveis para conseguir betumes estáveis e para os poder manejar adequadamente nas instalações, **menores (<15%)** que os fabricados “in situ”.

### 4.1 Ensaio

- Ensaio de caracterização habituais para os BMP.
- Avaliação da susceptibilidade térmica. Resistência ao envelhecimento.
- Comportamento elástico.
- Compatibilidade e Estabilidade ao armazenamento.



### 5.1 Experiência em obra

- Troço experimental com mistura betuminosa fabricada com B35/50 e com betume modificado com pó de borracha de pneus fora de uso tipo BMB-2 numa auto-estrada Espanhola em Junho de 2005, com bons resultados até ao momento.
- ENSAIO MARSHALL (com 5% ligante s/a). Provetes compactados com 75 pancadas a 150-155° C com B35/50 e a 170-175 ° C com BMB-2.

	B40/50	BMC-2	Especificaciones PG3 para T00 y T0
Estabilidad (KN)	15,7	15,2	> 15
Deformación (mm.)	2,6	2,35	2-3
Densidad s.s.s (g/cm <sup>3</sup> )	2,378	2,364	-
Huecos mezcla (%)	5,2	5,8	4-6
Huecos áridos (%)	16,2	6,7	> 15



### 5.2 Experiência em obra

#### ENSAIO DE IMERSÃO-COMPRESSÃO

Com menos 0,3% de ligante (4,7% s/a) para assegurar o bom comportamento da mistura à acção da água.

Manteve-se as provetas em imersão durante 24 horas em água a 60°C

	B40/50	BMC-2	Especificación PG3
Resistencia en seco (Kg/cm <sup>2</sup> )	61,2	55,9	
Resistencia tras inmersión (Kg/cm <sup>2</sup> )	53,7	49,7	
Resistencia conservada (%)	88	93	> 75%
Densidad s.s.s. (g/cm <sup>3</sup> )	2,340	2,343	

i.

### 5.2 Experiência em obra

#### ENSAIO DE PISTA DE LABORATORIO

Para assegurar o bom comportamento da mistura à formação de rodeiras, realizou-se o ensaio com **0,3% a mais de ligante (5,3% s/a)**.

	B40/50	BMC-2	Especificación PG-3 para T00 y T0
$V_{105-120}$ (mm/min.)	$2,35 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$< 15 \cdot 10^{-3}$
Deformación total (mm)	0,93	0,77	

i.

## 5.2 Experiência em obra

### MÓDULO DINÂMICO

Sobre Provetes de H=2D a 20 °C y 10 Hz.

	B40/50	BMC-2
<i>Módulo dinámico (MPa)</i>	7868	6439
<i>Angulo de fase (°)</i>	17,5	18,7

i.

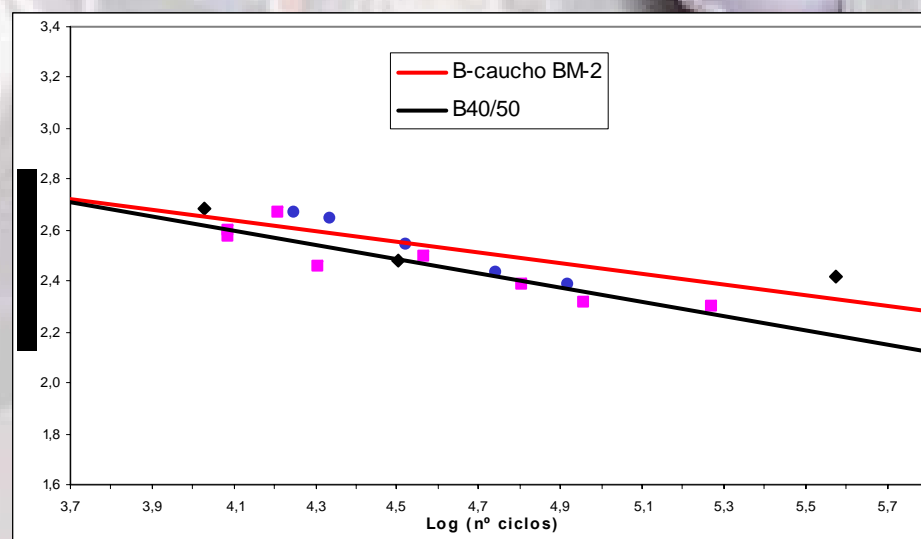
### FADIGA À FLEXOTRACÇÃO DINÂMICA (NLT-350)

A 20°C y 10Hz

Os valores obtidos para a fadiga à compressão diametral são:

•  $\epsilon_6 = 116$  para o B 35/50

•  $\epsilon_6 = 174,4$  para o BMB-2



### 5.2 Colocação das misturas em obra

#### Espalhamento

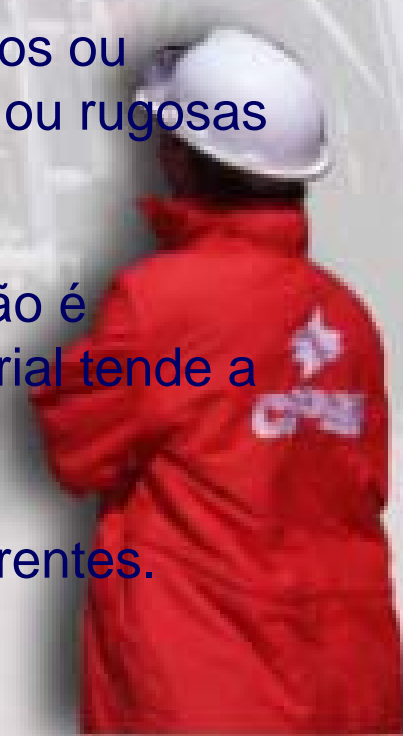
O espalhamento em obra das misturas betuminosas com pó de borracha de pneu é efectuado de forma convencional, no entanto deve-se ter mais cuidados para evitar o arrefecimento prematuro do material. A elevada viscosidade do ligante dificulta a compactação a temperaturas inferiores a 120 °C.



### 5.2 Colocação das misturas em obra

#### Compactação

- A compactação principal deve iniciar-se à temperatura de 160 °C e parar quando se atingem os 130 °C. Sendo conveniente terminar a superfície quando se atinge os 115 °C.
- Podem utilizar-se compactadores metálicos estáticos ou vibratórios, no entanto no caso de misturas abertas ou rugosas não deve ser utilizada a vibração.
- Em misturas com BB e alto conteúdo de betume não é aconselhável utilizar cilindros de pneus pois o material tende a aderir as rodas e a levantar-se.
- Os compactadores devem utilizar líquidos anti-aderentes.



## 6. Manual para a utilização de borracha de PFU em misturas betuminosas

- Ajuda técnicos e gestores de vias para a utilização de este tipo materiais, dando uma série de **recomendações sobre a utilização de pó de borracha de NFU em misturas betuminosas para vias de comunicação.**
- Documento em fase de estudo, onde se apresentarão os **critérios para a selecção e uso do pó de borracha**, dosificação, fabricação, colocação em obra e controle de qualidade das unidades de obra correspondentes.
- Tratará de otimizar a utilização de pó de borracha para **conseguir os benefícios potenciais das distintas técnicas.**
- Contemplará uma **PROPOSTA DE ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA ESTES PRODUTOS.**



O trabalho realizado consistiu em 3 partes:

- Caracterização reológica dos ligantes
- Fabricação e ensaio de 2 tipos de misturas betuminosas (uma drenante e uma tipo semidensa S12)
- Estudo da resistência à propagação de fissuras



### Conclusões:

- Ambos os ligantes apresentam propriedades viscoelásticas similares no seu estado original
- O BMP apresenta um comportamento superior relativamente às deformações plásticas, segundo a metodologia SHRP
- O BMB apresenta um comportamento ligeiramente superior no que respeita à fadiga, segundo a metodologia SHRP
- A durabilidade teórica dos pavimentos utilizando BMP é superior às dos pavimentos onde a mistura betuminosa foi fabricada com BMB



**OBRIGADO!**

