



recipav[®]

Engenharia e Pavimentos, Lda.

Grupo Águas de Portugal

A UTILIZAÇÃO DO BMB EM PORTUGAL: A EXPERIÊNCIA OBTIDA AO LONGO DE 7 ANOS NAS OBRAS EM SERVIÇO



Paulo Fonseca e Rui Barros

Recordando o que é o BMB

- Incorpora de 20 a 22% de granulado de borracha
- EN 14023:2005 – Betumes Modificados
- Material definido pela ASTM D 6114-97 (2002)

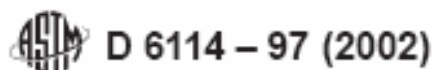


TABLE 1 Physical Requirements for Asphalt-Rubber Binder

| Binder Designation ^A | | Type I | Type II | Type III |
|--|------|----------------|----------------|----------------|
| Apparent Viscosity, 175°C (347°F):cP Modified Test Method D 2196, Method A, (see 5.4) ^{B,C} | min | 1500 | 1500 | 1500 |
| | max | 5000 | 5000 | 5000 |
| Penetration, 25°C (77°F) 100g, 5 s: 1/10 mm (Test Method D 5) | min | 25 | 25 | 50 |
| | max | 75 | 75 | 100 |
| Penetration, 4°C (39.2°F), 200g , 60 s: 1/10 mm (Test Method D 5) | min | 10 | 15 | 25 |
| Softening Point: °C (°F) (Test Method D 36) | min | 57.2 (135) | 54.4 (130) | 51.7 (125) |
| Resilience, 25°C (77°F): % (Test Method D 5329) | min | 25 | 20 | 10 |
| Flash Point: °C (°F) (Test Method D 93) | min | 232.2 (450) | 232.2 (450) | 232.2 (450) |
| Thin-Film Oven Test Residue (Test Method D 1754) ^D | | | | |
| Penetration Retention, 4°C (39.2°F): % of original (Test Method D 5) | min | 75 | 75 | 75 |

A experiência Portuguesa com o BMB

| Característica | Unidade | Método de teste | Valor |
|---------------------------------|---------|------------------|-------|
| Viscosidade, Brookfield a 175°C | cP | ASTM D2196 | 4500 |
| Penetração | 0,1 mm | EN 1426 | 26 |
| Temperatura Anel Bola | °C | EN 1427 | 70 |
| Resiliência a 25°C | % | ASTM D5328 | 45 |
| Resistência ao Endurecimento: | | RTFOT EN 12607-1 | |
| Penetração conservada | % | EN 1426 | 70 |
| Aumento Tab | °C | EN 1427 | 10 |

A Experiência em números (1999 - 2006)

- **BMB fabricado: 36.900 ton:**
 - ✓ Em Portugal: 22,900 ton;
 - ✓ Em Espanha, Áustria, Alemanha: 14.000 ton;
- **Misturas betuminosas com BMB: 431.000 ton;**
- **Extensão pavimentada com BMB: 350 km;**

A Experiência em números (1999 - 2006)

| Dono de Obra | BMB (ton) | Mistura Betuminosa (ton) | Dono de Obra (%) |
|----------------------|----------------------|---|---------------------------------|
| Estradas de Portugal | 13.340 | 156.941 | 36% |
| Concessionárias | 4.570 | 50.777 | 12% |
| Câmaras Municipais | 2.430 | 28.588 | 7% |
| Outras Entidades | 2.560 | 30.117 | 7% |
| Europa | 14.000 | 164.706 | 38% |
| Total | 36.900 | 431.129 | |

O Fabrico do BMB



As utilizações do BMB

- **Dois tipos de misturas betuminosas:**
 - ✓ MBR – BMB (rugosa): 8,5 a 9% de BMB
 - ✓ MBA – BMB (aberta): 9,5 a 10,5% de BMB
- **SAMI – membrana anti-propagação de fendas**
 - ✓ Taxa de aplicação de BMB: 2,6 kg/m²

As Misturas Betuminosas com BMB

- **Características intrínsecas das misturas:**

| | Módulo de Deformabilidade (MPa) | Porosidade (%) | V_b - Teor volumétrico em betume (%) | ε₆ (μm) |
|----------------|--|-----------------------|---|---------------------------|
| MBR-BMB | 3800 | 4,5 a 6,5 | 17,5 | 420 |
| MBA-BMB | 2000 | 12 a 16 | 19,2 | 550 |

| | V₁₂₀-V₁₀₅ (μm/min) |
|----------------|---|
| MBR-BMB | 4 |
| MBA-BMB | 8 |

Ensaio:

Fadiga: EN 12697-26: 10Hz, 20°C

Pista: NLT 173:60°C, 900 kPa

Estratégias de utilização

- **MBR – BMB:**

- ✓ Estrutural (Fadiga, propagação fendas, envelhecimento, baixa rigidez);
- ✓ Funcional (Macro textura, atrito, ruído);

- **MBA – BMB:**

- ✓ Funcional (ruído, projecção de água, atrito baixas e altas velocidades, envelhecimento);
- ✓ Anti-propagação de fendas (camada desgaste ou intermédia);

A diferenciação das misturas com BMB

- **Elevada resistência à fadiga:**
 - ✓ 10 vezes superior às misturas convencionais;
- **Elevada resistência à propagação de fendas:**
 - ✓ misturas + elásticas e devido propriedades do BMB;
- **Redução de ruído comprovada:**
 - ✓ -6 dB(A) e -10 dB(A) comparação MBA-BMB com rugosa convencional e BAC. Estudos AEA;
- **Elevada resistência ao envelhecimento;**
 - ✓ maiores filmes asfálticos e protecção dos maltenos;

Características funcionais das misturas em serviço

- Resistência ao Deslizamento:

- Grip-Tester:

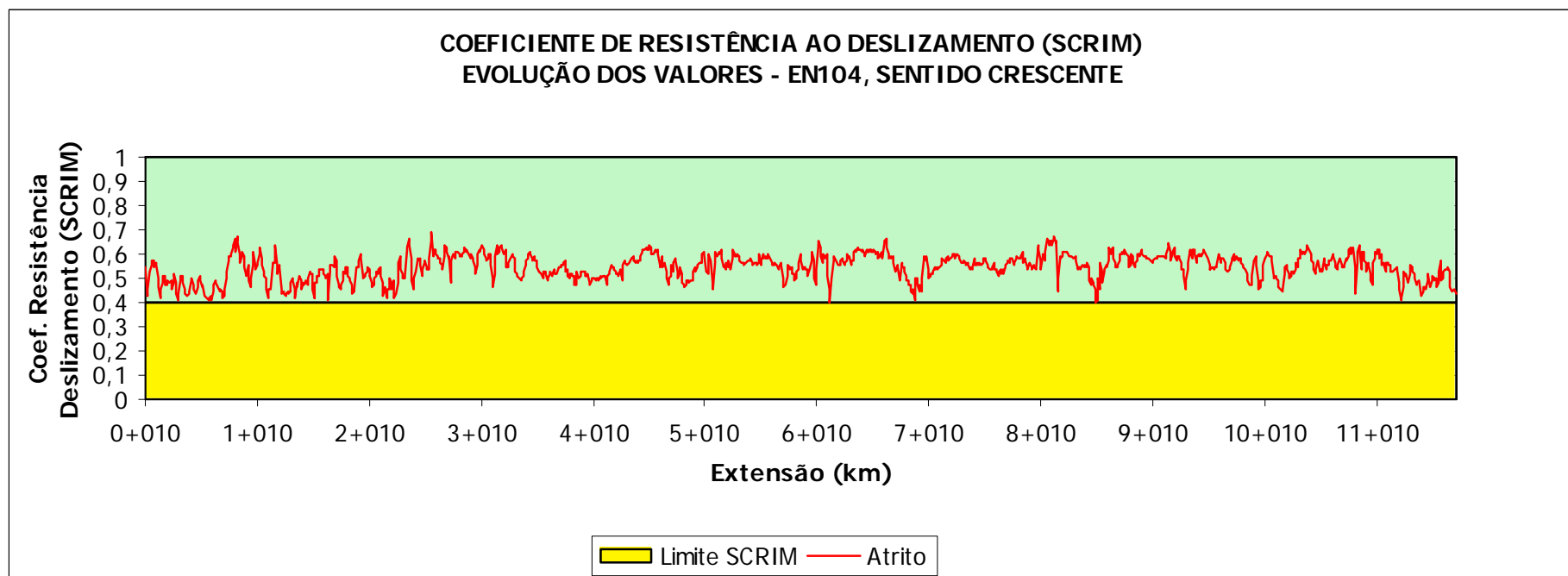
- ✓ Scrim = $0,89 \times \text{Grip Number (CEN 227/WG5)}$



Características funcionais das misturas em serviço

| | Média (M) | Desvio Padrão (σ) | SCRIM: Valor característico (M- σ) | Tipo de Mistura | Ano de entrada em serviço | Tipo de agregado |
|--------------------------------|-----------|----------------------------|---|-----------------|---------------------------|------------------|
| EN 104 Trofa / Azurara | 0,55 | 0,05 | 0,50 | MBR-BMB | 1999 | Granítico |
| EN 105 Ermesinde / Sto. Tirso | 0,52 | 0,05 | 0,47 | MBR-BMB | 2000 | Granítico |
| EM 538 Avis | 0,77 | 0,07 | 0,70 | MBR-BMB | 2004 | Seixo Britado |
| IC1 Ourique / Santana da Serra | 0,66 | 0,05 | 0,61 | MBR-BMB | 2004 | Dioritos |

Características funcionais das misturas em serviço



Características funcionais das misturas em serviço

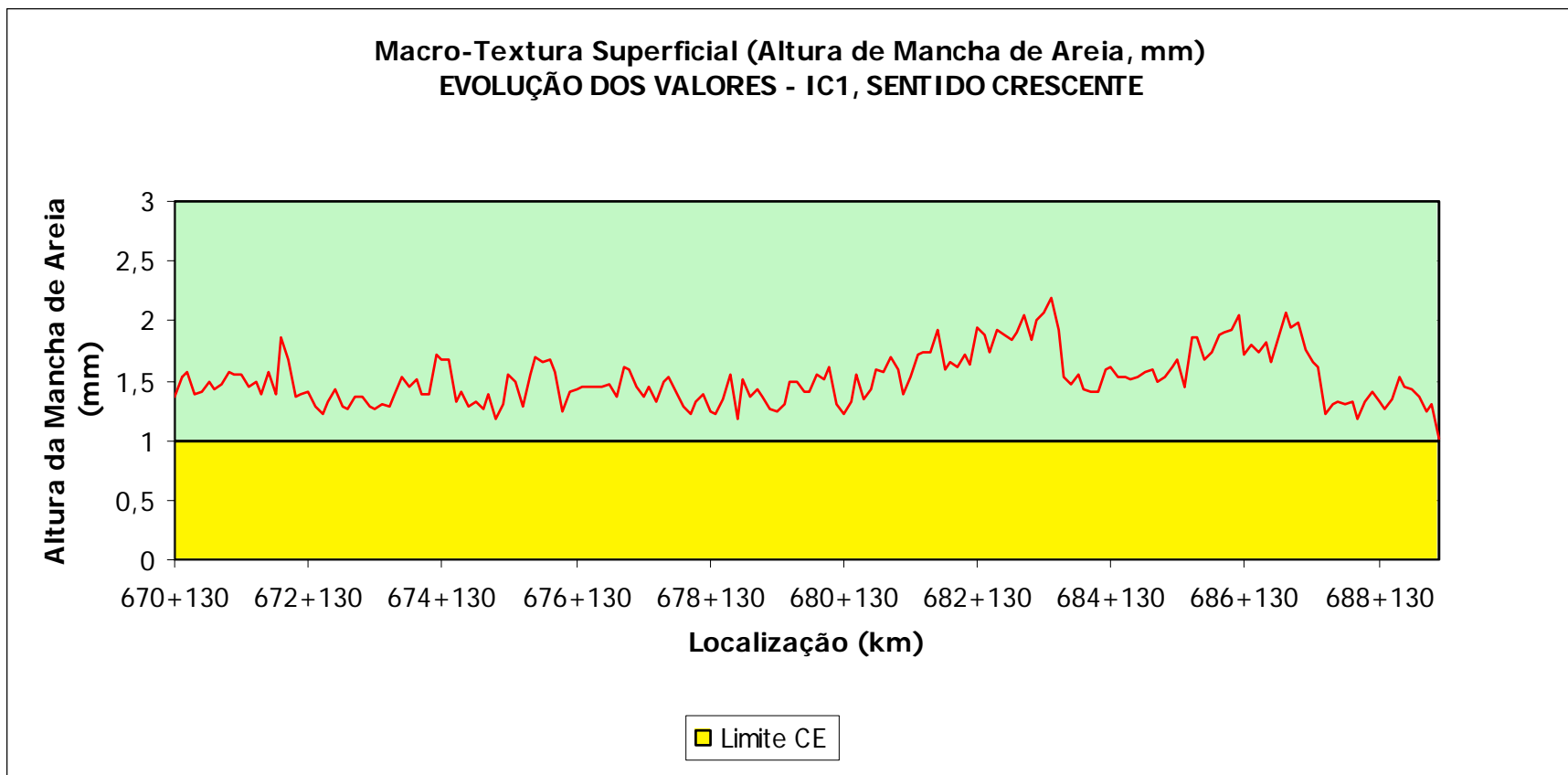
- Profundidade de Textura:
 - Equipamento Laser: Mean Profile Depth, MPD
 - ✓ $ETD = 0,8 \times MPD + 0,2$ (Correlação: ISO 13473-1)

| Tipo de mistura betuminosa | Altura de areia (mm) |
|-----------------------------------|----------------------|
| Betão betuminoso | Aa > 0,6 |
| Betão betuminoso drenante | Aa > 1,2 |
| Microbetão rugoso | Aa > 1,0 |
| Argamassa betuminosa | Aa > 0,4 |
| Mistura betuminosa de alto módulo | Aa > 0,4 |

Características funcionais das misturas em serviço

| | Média (M) | Desvio Padrão (σ) | ETD - Valor característico (M-σ) | Tipo de Mistura | Ano de entrada em serviço |
|---------------------------------------|------------------|--|---|------------------------|----------------------------------|
| EN 104 Trofa / Azurara | 1,45 | 0,27 | 1,18 | MBR-BMB | 1999 |
| EN 105 Ermesinde / Sto. Tirso | 1,38 | 0,15 | 1,23 | MBR-BMB | 2000 |
| EM 538 Avis | 1,77 | 0,28 | 1,49 | MBR-BMB | 2004 |
| IC1 Ourique / Santana da Serra | 1,52 | 0,22 | 1,30 | MBR-BMB | 2004 |

Características funcionais das misturas em serviço



Conclusões

- Experiência de 7 anos de utilização do BMB;
- A utilização de altas percentagens de ligante ($\pm 9\%$) com incorporação de elevada percentagem de borracha ($\pm 22\%$) permite obter misturas com excelentes propriedades elásticas e óptima resistência à deformação permanente;
- Excelentes propriedades funcionais comprovadas: Ruído e Atrito;
- Para certificar a experiência com a utilização do BMB: Homologação LNEC das misturas e Certificação de Produto BMB;