



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

APLICAÇÕES DE MISTURAS BETUMINOSAS DE ELEVADO DESEMPENHO EM REDES VIÁRIAS URBANAS

Fátima Batista • LNEC

Henrique Miranda • ISEL

Maria de Lurdes Antunes • LNEC

Santiago Lanchas • JRS

Fernando Martinho • FM Consult/JRS



Enquadramento

> Redes viárias urbanas



Mobilidade
Segurança
Ambiente e
saúde

De forma geral, intervenções na via provocam **congestionamentos de tráfego**

- ▶ Aumento do tempo de percurso
- ▶ Aumento do consumo de combustível
- ▶ Aumento da poluição do ar

Enquadramento

> Redes viárias urbanas



Mobilidade

Segurança

Ambiente e
saúde

Número significativo de **zonas de travagem**, p. ex.:

- Passadeiras
- Paragens de autocarros
- Semáforos

Minimização de acidentes:

- ▶ Pavimentos com boa **resistência à derrapagem**
 - > Atrito pneu-pavimento
 - > Textura superficial do pavimento

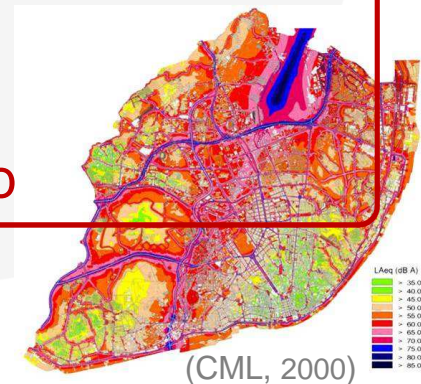
Enquadramento

> Redes viárias urbanas

Mobilidade
Segurança
Ambiente e
saúde

- ▶ Redução dos **condicionamentos de tráfego**
- ▶ Redução do ruído na **fonte: pavimento**

- Qualidade do **ar** (afetada p. ex. por condicionamentos de tráfego)
- **Ruído** pneu-pavimento



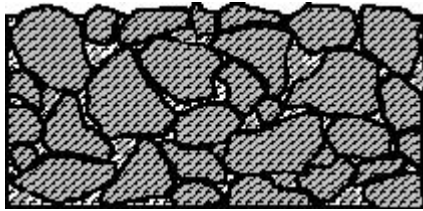
Infraestruturas rodoviárias

- > Como minimizar condicionamentos de trânsito, intervenções C&R e impactes ambientais?

Estruturas de pavimento com vida útil elevada (*Long Life Pavement*)

Camadas de desgaste de elevado desempenho e durabilidade

Misturas betuminosas aplicadas em camada de desgaste



Betão betuminoso (Asphalt Concrete) • EN 13108-1

Mistura betuminosa de composição granulométrica contínua ou descontínua formando uma estrutura perfeitamente imbricada



Betão betuminoso drenante (Porous Asphalt) • EN 13108-7

Mistura cujo ligante é o betume, formulada de forma a possuir uma porosidade elevada, conferindo à mistura compactada aplicada a capacidade de drenagem e de redução do ruído mas de fraca durabilidade (de forma geral só aplicada em autoestradas)



(JRS, 2009)

Stone Mastic Asphalt • EN 13108- 5

Mistura betuminosa de composição granulométrica descontínua, composta por um esqueleto de agregado britado grosso [“stone”] aglutinado por um mástique

Misturas betuminosas do tipo SMA

- > Desenvolvidas na Alemanha em finais da década de 60 (séc. XX)
 - Aplicação comum em **estradas de tráfego elevado** (incluindo rotundas), aeroportos e zonas portuárias, em diversos países europeus

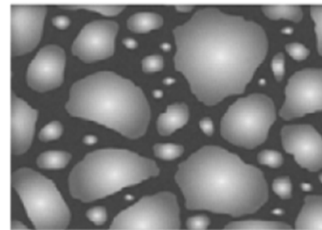


Principais vantagens

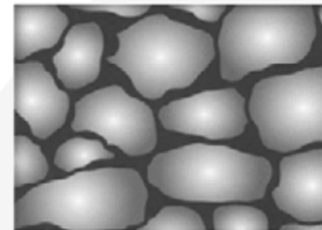
- ▶ Flexibilidade a baixas temperaturas
 - Resistência à fadiga
- ▶ Estabilidade a altas temperaturas
 - Resistência à exsudação
 - Resistência à deformação permanente
- ▶ Boa adesividade betume-agregados
 - Resistência à acção da água
 - Resistência à desagregação
- ▶ **Durabilidade**

Misturas betuminosas aplicadas em camada de desgaste

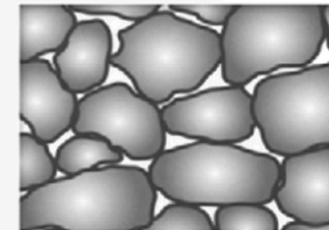
> Durabilidade de camadas de desgaste, em estradas principais



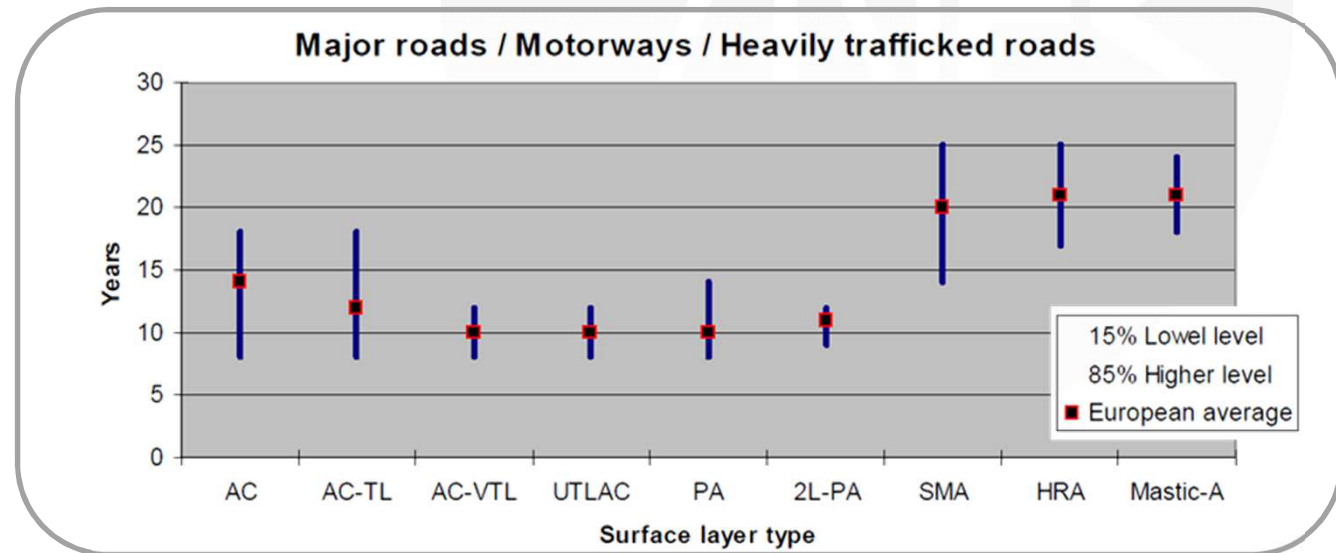
Betão Betuminoso (AC)



SMA



BB Drenante (PA)



(EAPA, 2007)



Estudos relativos a misturas tipo SMA com fibras celulósicas

Objectivos

- > Demonstração da aplicação de misturas tipo SMA com fibras celulósicas
- > Optimização da composição das misturas
- > Metodologias de formulação das misturas
- > Caracterização do comportamento em serviço das misturas
- > Recomendações para o seu fabrico e aplicação

Tendo em atenção as condições do nosso país:
Condições climáticas; Tipos de materiais; Tráfego, etc.



aplicações de misturas betuminosas de elevado desempenho em redes viárias urbanas

Fátima A. Batista • LNEC • Henrique Miranda • ISEL • M.^a de Lurdes Antunes • LNEC • Santiago Lanchas • JRS • Fernando Martinho • FM Cosult/JRS





Estudos relativos a misturas tipo SMA com fibras celulósicas

Programa de trabalhos

- > Acompanhamento de obras de pavimentação utilizando SMA em camadas de desgaste
- > Metodologias de formulação
- > Caracterização do desempenho das misturas aplicadas
 - Resistência à fadiga
 - Resistência à deformação permanente
 - Resistência à acção da água
- > Estudo da influência da composição das misturas nas suas características de desempenho



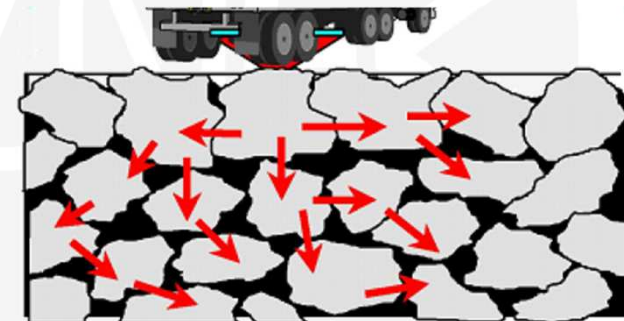
aplicações de misturas betuminosas de elevado desempenho em redes viárias urbanas

Fátima A. Batista • LNEC • Henrique Miranda • ISEL • M.^a de Lurdes Antunes • LNEC • Santiago Lanchas • JRS • Fernando Martinho • FM Cosult/JRS



Misturas betuminosas do tipo SMA

- > Misturas descontínuas, com elevada percentagem da fracção grossa: **esqueleto mineral com elevado imbricamento entre as partículas**
 - ▶ Elevada resistênciã à deformação permanente
- > Mástique rico em betume, que preenche os vazios que existem entre as partículas do agregado
 - ▶ Elevada durabilidade



(JRS, 2009)

Misturas betuminosas do tipo SMA

- > Mástique rico em betume
 - ▶ Utilização de **aditivos**, p. ex. **fibras**
 - evitar o escorrimento do ligante

Percentagem ponderal de fibras na mistura do tipo SMA

Fibra de celulose	0,3 % - 0,5 %
Fibra mineral	0,7 % - 0,9 %
Fibra de vidro	0,4 % - 0,6 %

(Pank, 1995)

Escorrimento



SMA sem fibras



SMA com 0,3% de fibra de celulose



SMA com 0,5% de fibra de celulose

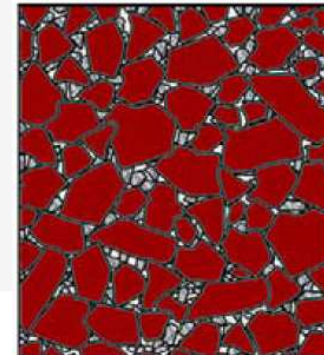
(A.Vale et al., 2006)

Misturas betuminosas do tipo SMA

> Mástique rico em betume

- ▶ Utilização de **aditivos**, p. ex. **fibras**
 - evitar o escorrimento do ligante
- ▶ Utilização de **betumes modificados**
 - contribuir para a redução do risco de escorrimento do ligante
 - melhorar as propriedades mecânicas das misturas

(EAPA, 1998)

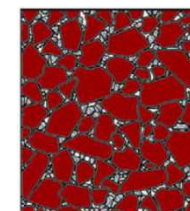


Estudo de formulação da mistura SMA

Descrição dos materiais

> Mistura de agregados

- Brita 6/10 (granodiorito)
- Pó 0/4 (calcário)
- Fíler (de origem calcária)



> Fibras de celulose VIATOP

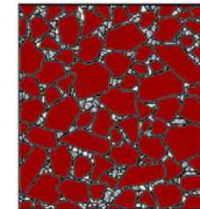


> Betume modificado Styrelf 13/60 (Pen 55/70_{x0,1mm}; T_{AB} ≥ 58°C)

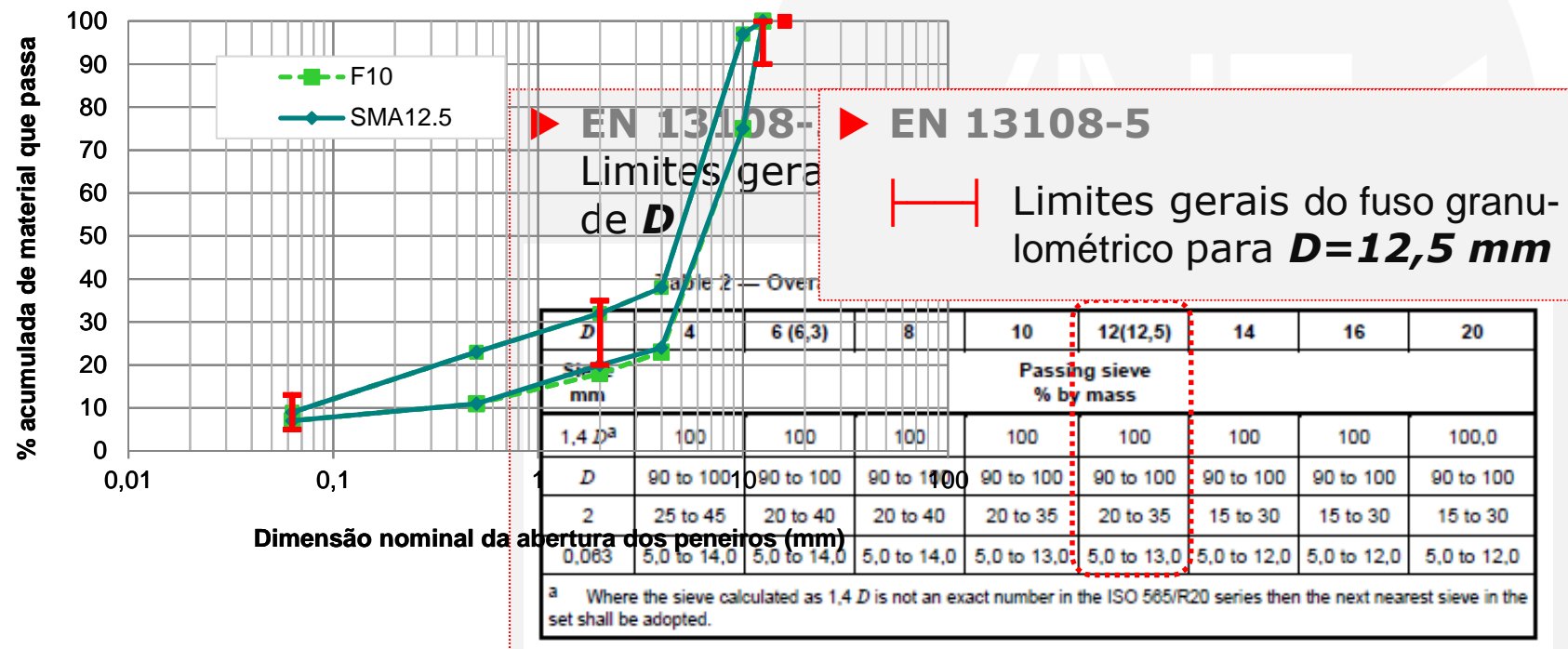


Estudo de formulação da mistura SMA

Mistura de agregados

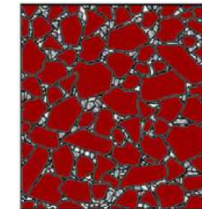


> Fuso granulométrico

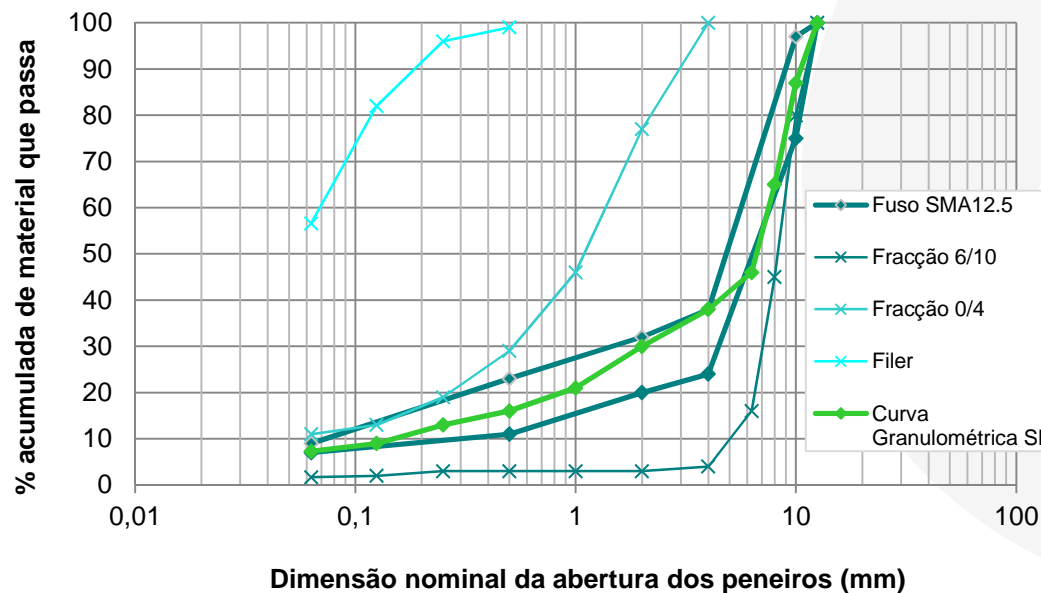


Estudo de formulação da mistura SMA

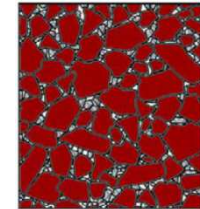
Mistura de agregados



> Composição granulométrica



- Fracção 6/10: 64,5 %
- Fracção 0/4: 30,5 %
- Filer: 5,0 %



Estudo de formulação da mistura SMA

Estudo Marshall (determinação do conteúdo em ligante)

> Fabrico das misturas em laboratório

- ▶ 5 percentagens diferentes de betume, variando entre si de 0,5%

P _B (%)				
5,0	5,5	6,0	6,5	7,0

- ▶ Simulação do processo de fabrico em central
Mistura dos agregados pré-aquecidos com as fibras (a frio), seguindo-se a adição do betume pré-aquecido

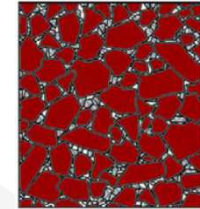


- ▶ Compactação por impacto:
2 × 50 pancadas



Estudo de formulação da mistura SMA

Avaliação do escorrimento do ligante



> SMA com $P_b=5,5\%$ / $P_b=6,0\%$ e $P_{\text{Fibras Cel.}}=0,4\%$

> Método do "cesto" (EN 12697-18): avaliação da quantidade de material que escorre do "cesto" após a mistura ter estado em estufa à temperatura "alvo" definida

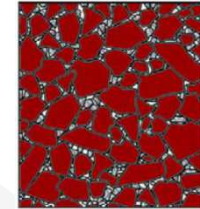


Valor médio do escorrimento de ligante:

- SMA com $P_b=5,5\%$ ► $D=0\%$
- SMA com $P_b=6,0\%$ ► $D=0\%$

Estudo de formulação da mistura SMA

Avaliação da sensibilidade à água



> SMA com $P_b = 5,5\%$

> Determinação da resistência conservada em tracção indirecta (EN 12697-12, método A), $ITSR = 88\%$

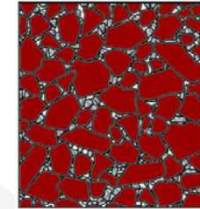
Resistência à tracção indirecta (EN12697-23), $t = 15^\circ\text{C}$:

- Provetes "a seco" (≈ 3 dias @ 20°C): $ITS_d = 1710\text{kPa}$
- Provetes imersos (vácuo + ≈ 3 dias em água @ 40°C), $ITS_w = 1500\text{kPa}$



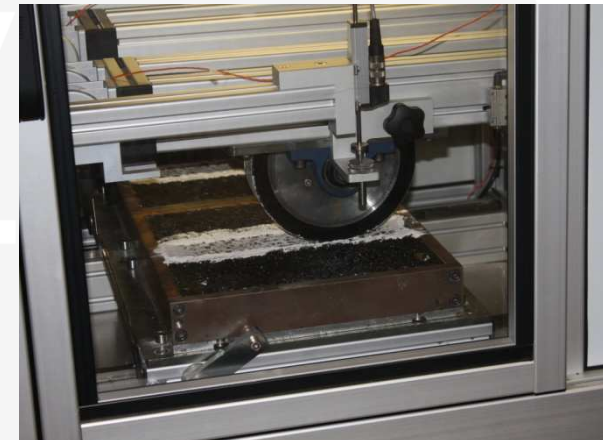
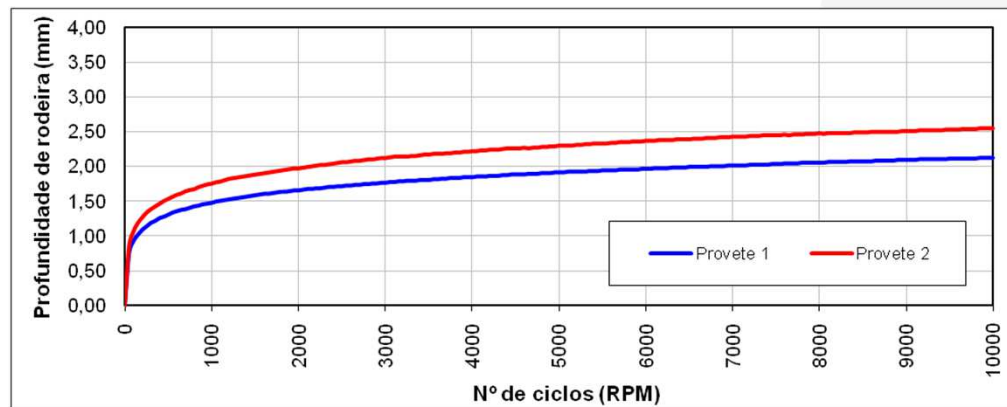
Estudo de formulação da mistura SMA

Avaliação da resistência à deformação permanente



> SMA com $P_b = 5,5\%$

> Determinação da resistência à deformação permanente, $t = 60^\circ\text{C}$
(EN 12697-22, procedimento B, ao ar)



- Média da profundidade de rodeira, $RD_{AIR} = 2,3 \text{ mm}$
- Taxa de deformação média, $WTS_{AIR} = 0,05 \text{ mm}/10^3 \text{ ciclos}$
- Média da percentagem da profundidade de rodeira, $PRD_{AIR} = 4,7 \%$

Acompanhamento de obras

> Realização de trecho experimental



Acompanhamento de obras

> Pavimentação na Av. do Brasil



Considerações finais

- > As misturas SMA tendem a apresentar um bom **desempenho** quanto:
- à resistência à deformação permanente (devido ao contato partícula-partícula)
 - ao fendilhamento por fadiga e ao desgaste (devido à maior espessura da película de betume)
 - à resistência à derrapagem (devido à macrotextura superficial mais rugosa)
- > As misturas SMA proporcionam geralmente uma diminuição do ruído de tráfego (devido à macrotextura superficial mais rugosa)



Durabilidade

Sustentabilidade



Muito obrigada!



aplicações de misturas betuminosas de elevado desempenho em redes viárias urbanas

Fátima A. Batista • LNEC • Henrique Miranda • ISEL • M.^a de Lurdes Antunes • LNEC •
Santiago Lanchas • JRS • Fernando Martinho • FM Cosult/JRS



LNEC • Lisboa • 18-20 junho 2012