

# **INFLUÊNCIA DO FÍLER MINERAL NAS PROPRIEDADES DE MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS**

**Vivian Silveira dos Santos Bardini**

**José Leomar Fernandes Júnior**

Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo

## **RESUMO**

Apresenta-se pesquisa em fase inicial de desenvolvimento que tem por objetivo contribuir para o melhor entendimento dos efeitos do fíler mineral sobre as propriedades das misturas asfálticas densas. Há muito tempo tem sido reconhecido que o fíler tem papel importante no comportamento de misturas asfálticas, pois preenche os vazios entre os agregados graúdos nas misturas e altera as propriedades dos ligantes asfálticos ao agir como parte ativa do mástique (combinação de ligante asfáltico, fíler e ar). Na dosagem, o mástique influencia na lubrificação das partículas de agregados maiores e afeta os vazios do agregado mineral, as características de compactação e o teor ótimo de ligante asfáltico. A qualidade do mástique influencia todas as respostas mecânicas das misturas asfálticas, assim como sua trabalhabilidade. A rigidez do mástique influencia as tensões desenvolvidas e a resistência à fadiga a temperaturas intermediárias, bem como afeta a resistência à deformação permanente da mistura asfáltica a altas temperaturas e a resistência ao trincamento térmico.

## **1. PROPOSTA DA PESQUISA**

Os sistemas de transportes são elementos estruturantes da vida econômica e social dos países, proporcionando o deslocamento de cargas e de passageiros. Dentre os elementos que compõem os sistemas de transportes do Brasil, o modo rodoviário e a infra-estrutura de estradas têm papel fundamental, pois representam 62% do transporte de cargas e 96% do transporte de passageiros (CNT, 2008). Assim, justifica-se o interesse pelo desenvolvimento de materiais mais resistentes para uso em pavimentos rodoviários.

Com a finalidade de minimizar os efeitos do tráfego e do clima e o aparecimento de defeitos no pavimento, particularmente dos dois defeitos estruturais mais importantes, trincas por fadiga do revestimento e deformação permanente nas trilhas de roda, muitas pesquisas têm estudado propriedades específicas dos materiais que compõem as misturas asfálticas, bem como das suas interações, visando a garantia de um comportamento mecânico adequado e, consequentemente, um desempenho satisfatório.

A qualidade do mástique influencia todas as respostas mecânicas das misturas asfálticas, assim como sua trabalhabilidade. O processo de fadiga, fenômeno afetado pelo desenvolvimento e crescimento de microfissuras no mástique, está fortemente relacionado às características do ligante asfáltico, às propriedades do fíler e à interação físico-química entre os dois, que é afetada, principalmente, pela finura e características de superfície do fíler. A rigidez do mástique influencia as tensões desenvolvidas e a resistência à fadiga a temperaturas intermediárias, bem como afeta a resistência à deformação permanente da mistura asfáltica a altas temperaturas e a resistência ao trincamento a baixas temperaturas.

Esta pesquisa tem por objetivo contribuir para o melhor entendimento dos efeitos do fíler mineral sobre o comportamento mecânico de misturas asfálticas densas, particularmente em relação ao tipo e teor de fíler, suas propriedades físico-químicas e o tipo de agregado, pois muito ainda há para ser estudado a respeito da contribuição do mástique resultante da mistura fíler e ligante asfáltico para o bom ou mau desempenho de um pavimento asfáltico em serviço.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fíler ou material de enchimento constitui um material mineral inerte em relação aos demais componentes da mistura asfáltica, finamente dividido, passando pelo menos 65% na peneira de 0,075 mm de abertura (DNER – EM 367/97). Santana (1995) define fíler de uma maneira mais geral, ou seja, como sendo um material constituído de partículas minerais não necessariamente inertes, provenientes tanto dos agregados maiores empregados na mistura asfáltica quanto de outras fontes como, por exemplo, cal hidratada, cimento Portland etc., que pode melhorar o comportamento reológico, mecânico, térmico e de sensibilidade à água, desde que obedecidos os limites para granulometria e plasticidade.

Craus *et al.* (1978) distinguem a atuação do fíler nas misturas asfálticas densas em função do tamanho das partículas, em que as partículas maiores constituem parte do agregado mineral e preenchem os vazios e interstícios dos agregados graúdos, promovendo o contato pontual entre as partículas maiores e dando maior resistência às misturas, enquanto as partículas menores misturam-se com o ligante asfáltico, aumentando sua consistência e cimentando as partículas maiores, ou seja, formando o mástique.

Kavussi e Hicks (1997) destacam, dentre os vários aspectos físico-químicos da interação fíler-ligante asfáltico, os seguintes fatores:

- tipo de fíler: graduação, textura superficial, superfície específica, forma dos grãos etc.;
- natureza do fíler: composição mineralógica e atividade físico-química;
- concentração do fíler na mistura.

Quando a porcentagem de material passante na peneira nº 200 aumenta, reduzem-se os vazios do esqueleto mineral, melhora-se a graduação e a trabalhabilidade da mistura asfáltica aumenta até certo ponto. Acima de um dado nível, quanto maior a porcentagem passante na peneira nº 200, os finos começam a prejudicar a estabilidade do esqueleto mineral, diminuindo os contatos entre as partículas grossas e alterando a capacidade de compactação.

De modo a evitar os danos causados pelo excesso ou pela ausência de fíler, McGennis *et al.* (1994) estabeleceram, como parte das especificações SUPERPAVE de dosagem de misturas asfálticas, a razão, em peso, entre o fíler mineral e o ligante asfáltico, denominada de “dust proportion”, recomendando valores de 0,6 a 1,8 para todo tipo de mistura.

O fíler ativa o asfalto, espessando-o e encorpando-o, fazendo com que o mástique tenha maior viscosidade que o asfalto correspondente. Simultaneamente, tem-se o aumento do ponto de amolecimento, diminuição da suscetibilidade térmica, aumento na resistência aos esforços de cisalhamento (estabilidade), no módulo de rigidez e na resistência à tração na flexão.

A interação físico-químico entre o fíler e o ligante asfáltico, relacionada à finura e às características de superfície do fíler, influencia as características de ruptura por fadiga. De acordo com Craus *et al.* (1978), o aspecto físico-químico está relacionado com a intensidade de adsorção da interface fíler-ligante asfáltico, em que maior atividade de superfície contribui significativamente para ligações mais fortes na interface físico-química.

Análise de microscopia de finas seções de misturas asfálticas (ANDERSON *et al.*, 1992) mostrou que, em termos de interação físico-química entre o ligante asfáltico e a superfície do mineral, as propriedades da fração fina dominam, pois os finos estão embutidos no ligante

asfáltico. Quanto à superfície específica, os finos apresentam valores acima de  $1\text{m}^2/\text{g}$ , muito maiores que os dos agregados retidos na peneira n°200.

A adição de fíler em ligantes asfálticos provoca modificações em seu comportamento reológico, através do aumento do módulo complexo e redução do ângulo de fase, associado à natureza rígida do fíler mineral. Essa modificação no comportamento do ligante asfáltico é distinta da causada por alguns modificadores, como os polímeros e a borracha moída, que apresentam módulo menor que o dos ligantes asfálticos sob temperaturas baixas ou intermediárias (Bahia, 1995).

Os efeitos da incorporação do fíler ao ligante asfáltico são mais significativos e favoráveis nas altas temperaturas, aumentando a rigidez do ligante, que tem módulo complexo menor nessa faixa de temperatura. Porém, a baixas temperaturas, o fíler aumenta ainda mais a rigidez do ligante asfáltico, acarretando redução da capacidade de relaxar tensões (Bahia 1995).

As propriedades reológicas do mástique resultam da combinação das características elástica, viscoelástica ou viscosa do ligante asfáltico e da natureza elástica do fíler mineral e, consequentemente, afetam as propriedades mecânicas da mistura asfáltica composta por esses materiais. Com isso, o estudo das propriedades reológicas do mástique permite uma avaliação de como esse componente pode afetar as propriedades da mistura asfáltica (Bechara *et al.*, 2008).

Segundo uma pesquisa de Bahia (1995), a adição de fíler mineral ao ligante asfáltico provoca um aumento do parâmetro  $G^*/\sin\delta$  da especificação Supepave, o que é favorável por aumentar a resistência do ligante à deformação permanente, e também provoca um aumento do parâmetro  $G^*\sin\delta$ , sendo desfavorável em relação ao dano por fadiga, quando o fenômeno ocorre por deformação controlada.

Anderson *et al.* (1992) observaram que, embora o módulo dos mástiques sejam alto sob temperaturas baixas, a resistência à tração também mostrou aumento significativo. Para os vários ligantes asfálticos avaliados, a adição de fíler foi favorável e reduziu significativamente o acúmulo de deformação permanente.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os materiais necessários para realização da pesquisa serão: agregados minerais de diferentes origens mineralógicas (por exemplo, basalto e granito), fíleres de diferentes tipos, ativos (minerais) e não ativos (por exemplo, cimento Portland, cal, materiais coletados em filtros de usinas de asfalto etc.) e diferentes cimentos asfálticos (por exemplo, CAP 50/70 e CAP 85/100).

Os corpos de prova para realização dos ensaios mecânicos serão compactados com utilização de compactador giratório, segundo as especificações Superpave. Para a análise do comportamento mecânico das misturas asfálticas, quanto à resistência à deformação permanente e às trincas por fadiga, estão previstos os ensaios de resistência à tração, módulo de resiliência, fadiga, dano por umidade induzida e fluência.

Para a caracterização do fíler, visando a quantificação dos efeitos de suas propriedades nas misturas asfálticas, está prevista a determinação de: composição mineralógica; tamanho,

forma e textura das partículas; superfície específica; atividade superficial – adsorção de asfalto.

Os ensaios previstos, inicialmente, para avaliar o comportamento do mástique (mistura fíler-ligante asfáltico) envolvem ensaios tradicionais e ensaios da Especificação Superpave para ligantes asfálticos: viscosidade Saybolt-Furol; penetração; ponto de amolecimento; viscosidade aparente (Brookfield); envelhecimento de curto prazo (RTFOT); envelhecimento de longo prazo (PAV); reômetro de cisalhamento dinâmico (DSR); reômetro de Viga à Flexão (BBR).

#### **Agradecimento**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à pesquisa na forma de uma bolsa de doutorado.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- DNER-EM 367/97 (1997). *Material de Enchimento para Misturas Betuminosas*. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Rio de Janeiro.
- Anderson, D.A.; Bahia, H.U.; Dongre, R. (1992) *Rheological properties of mineral filler-asphalt mixtures*. Association of Asphalt Paving Technologists, v. 42, p 37-66.
- Bahia, H. U. (1995) *Critical Evaluation of Asphalt Modification Using Strategic Highway Research Program Concepts*. Transportation Research Record, Washington, n. 1488, p. 82-88.
- Bechara, M. F.; Faxina, A. L.; Fabbri, G. T. P.; Gigante, A. C.; Nascimento, D. R. (2008) *Propriedades Reológicas de Mástiques Asfálticos a Altas Temperaturas*. 39ª Reunião Anual de Pavimentação. Recife/PE.
- Craus, J.; Ishiai I.; Sides A. (1978). *Guidelines for use of dust in hot-mix asphalt concrete mixtures*. Proceedings of Asphalt Association of Paving Technologists. v. 56, pp. 492-516.
- McGennis, R.B.; Anderson, T.M.; Kennedy, T.W.; Solaimanian, M. (1994). *Background of Superpave asphalt mixture design and analysis*. Asphalt Institute Report FHWA-SA-95-003.
- AASHTO (1991). *Handbook of hot-mix asphalt paving*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Kavussi, A.; Hicks, R.G. (1997) *Properties of bituminous mixtures containing different fillers*. Proceedings of Asphalt Association of Paving Technologists.
- Santana, H. (1995). *Considerações sobre os Nebulosos Conceitos e definições de Fíler em Misturas Asfálticas*. 29ª Reunião Anual de Pavimentação, Cuiabá. Associação Brasileira de Pavimentação.

#### **Autores:**

Vivian Silveira dos Santos Bardini: vibardini@yahoo.com.br

José Leomar Fernandes Júnior: leomar@sc.usp.br

Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo

Av. Trabalhador São-carlense, 400 – CEP 13566-590 – São Paulo, SP, Brasil