

# Avaliação do Comportamento do Ligante Asfalto-Borracha e de Fibras Naturais em Misturas Asfálticas Descontínuas

Autores:

Litercílio Queiroz Barreto Júnior\*

Luiz Augusto Borges de Moraes\*

Anderson dos Santos Serra\*\*

Rogério da Silva Félix\*\*

Orientadora: Sandra Oda\*\*\*

## RESUMO

*Este trabalho faz parte de estudo sobre utilização de resíduos em materiais para pavimentação asfáltica. O tráfego e a falta de recursos para manutenção periódica exigem cada vez mais pavimentos com alta durabilidade e segurança aos usuários. Uma das soluções adotadas nos países desenvolvidos é a mistura com gradação descontínua, que requer um alto teor de asfalto e a adição de fibra. As fibras disponíveis no mercado são importadas e caras, acarretando num custo final mais elevado. Para reduzir o custo da mistura pretende-se aproveitar resíduos disponíveis na região (coco e sisal). O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento de misturas descontínuas com ligante asfalto-borracha e fibras naturais.*

## 1 - INTRODUÇÃO

Nos pavimentos flexíveis, o revestimento, também conhecido como capa de rolamento, é a camada que está diretamente em contato com as rodas dos veículos. Por esse motivo, o revestimento tem a função de receber as cargas do tráfego e transmiti-las para a camada inferior, a base, além de proporcionar segurança e conforto para os usuários. Para desempenhar essas funções, o revestimento, composto por uma mistura asfáltica, deve ser resistente e flexível durante toda sua vida útil, uma vez que quando submetido à pressão das cargas, o pavimento deverá se deformar (deformação recuperável), retornando ao seu estado original após a retirada de carga.

---

\* Bolsistas do Programa de Iniciação Científica (PIBIC-UNIFACS/FAPESB)

\*\* Bolsistas de Apoio Técnico do Programa de Bolsas da FAPESB (AT/FAPESB)

\*\*\* Doutora em Infra-Estrutura de Transportes - Bolsista POS-DOC da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB)

As misturas asfálticas são constituídas pela combinação de ligante asfáltico e agregado mineral (mistura asfáltica), podendo conter ainda material de preenchimento (fíler mineral), aditivos etc. O desempenho das misturas asfálticas depende tanto das propriedades de seus componentes individuais quanto da relação entre agregados e ligante (NEVES, 2004). As misturas asfálticas podem ser contínuas e densas ou descontínuas, dependendo da granulometria dos agregados. O tipo de mistura contínua mais empregado é o CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente), enquanto a mistura descontínua mais utilizada é o SMA (*stone matrix asphalt*).

No Estado da Bahia, a maioria dos pavimentos (95%) é composta por revestimento com granulometria densa, como o concreto asfáltico usinado a quente, o CAUQ, mais conhecido como CBUQ. Apesar de apresentar algumas características físicas (mais liso e aparência de menor índice de vazios) que fazem do CBUQ a mistura mais empregada, quando o pavimento está molhado pode proporcionar menor segurança, uma vez que a água da chuva pode ficar acumulada, formando uma película de água que poderá causar a aquaplanagem. Além disso, quando ocorre o acúmulo de água, a tendência é que os defeitos apareçam mais rapidamente. Segundo Fernandes Jr *et al.* (1999), os principais feitos que surgem nos pavimentos asfálticos são as trincas por fadiga (causadas pelas solicitações repetidas do tráfego) e a deformações permanentes nas trilhas de rodas.

Quando comparada com o CBUQ, a mistura descontínua apresenta características diferentes de granulometria, do teor asfáltico, além da necessidade de uso de fibras. Quando utilizado um ligante modificado por borracha em misturas descontínuas, os resultados obtidos são melhores ainda, pois a borracha proporciona um aumento da flexibilidade e da resistência aos raios ultravioleta, tornando a mistura asfáltica mais resistente ao envelhecimento, ao aparecimento e propagação de trincas e à deformação permanente (EDEL, 2005).

Em função do aumento do volume de tráfego e, principalmente, da evolução tecnológica que permite que caminhões trafeguem com maiores cargas por eixo, a

deformação permanente deve ser considerada com mais atenção durante o projeto de dosagem de misturas asfálticas. A superfície de rolamento também deve proporcionar segurança aos usuários e contribuir para redução do índice de acidentes, crítico em condições de pista molhada, quando há a diminuição da aderência (atrito) e da visibilidade (reflexão da luz e *spray* de água).

O objetivo deste trabalho é comparar as misturas asfálticas descontínuas (SMA) produzidas com agregados, ligante asfáltico e fibras e misturas produzidas com asfaltos modificados por borracha (CAPFLEX B), mas sem fibras.

## **2 – MISTURAS ASFÁLTICAS DESCONTÍNUAS**

Geralmente, o revestimento de pavimentos flexíveis é composto por uma mistura de agregados e ligante asfáltico, denominada de mistura asfáltica, que pode ser produzida a quente ou a frio, em função do tipo de ligante asfáltico empregado e da temperatura de mistura. Em função da granulometria dos agregados, as misturas asfálticas podem ser: descontínua (densa ou aberta) ou contínua (densa). A mistura mais aplicada em pavimentos asfálticos no Brasil é o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), uma mistura contínua densa executada em usina apropriada, constituída de agregados minerais graduados (de gráudo a fino), material de enchimento (fíler) e cimento asfáltico, espalhada e comprimida a quente.

Atualmente, em função do aumento das cargas transportadas pelos veículos pesados e da carência de recursos para a realização de serviços de manutenção e reabilitação dos pavimentos, alguns estados das regiões Sul e Sudeste têm adotado misturas descontínuas. Misturas asfálticas descontínuas tendem a apresentar melhor desempenho quanto à resistência à deformação permanente (devido a granulometria dos agregados), ao aparecimento de trincas por fadiga e ao desgaste (por causa da maior

espessura da película de asfalto), quando comparadas às misturas asfálticas convencionais (NEVES, 2004).

Em relação a um CBUQ (concreto betuminoso usinado a quente) convencional, uma mistura asfáltica descontínua apresenta características diferentes de granulometria, teor de ligante asfáltico e aditivos estabilizadores. Além disso, nas misturas descontínuas, o teor de asfalto tende a ser superior ao das misturas densas (CBUQ) em cerca de 1 a 1,5%, o que pode provocar o escorrimento do ligante asfáltico. Para evitar esse tipo de problema, alguns países da Europa estão utilizando fibras.

O principal tipo de mistura descontínua é o SMA (*Stone Matrix Asphalt*), que apresenta granulometria composta por uma maior fração de agregados graúdos britados, uma massa de ligante e fíler (cerca de 10% passando na peneira #200), chamada de mastique e aproximadamente 4% de volume de vazios. Essas misturas formam um esqueleto de alta estabilidade devido ao contato pedra-pedra (NEVES FILHO, 2004).

O SMA foi desenvolvido na Alemanha no final da década de 60 para ser usada como revestimento de pavimentos rodoviários e de aeroportos. No Brasil, ainda não é comum o uso de misturas descontínuas. Isso acontece porque as fibras que têm proporcionado melhores resultados nas misturas descontínuas são importadas, tornando o custo do pavimento muito elevado. Algumas alternativas foram adotadas para reduzir o custo total, como utilização de fibras naturais no lugar das importadas e a substituição do ligante asfáltico convencional por um ligante mais viscoso.

As fibras são adicionadas às misturas asfálticas descontínuas para evitar que ocorra o escorrimento do ligante durante o armazenamento, transporte e aplicação do SMA. O uso de fibra possibilita um maior teor de ligante, o que gera uma película mais espessa ao redor do agregado, retardando a oxidação, a penetração de umidade e a separação e fissuração dos agregados. Essas vantagens servem para proteger o concreto asfáltico do desgaste (NEVES FILHO, 2004).

No processo de produção de uma mistura asfáltica, as fibras são adicionadas aos agregados quentes antes da adição do ligante asfáltico. Com a colocação do ligante e início do processo de mistura, as fibras se “abrem” e se espalham por toda a mistura. A determinação do teor de fibras se baseia na experiência, sendo que várias publicações sugerem o teor de 0,3% a 0,5%. Existem ensaios que verificam se as fibras são suficientes para inibir o escorrimento do ligante, como o AASHTO T-305/97 (*Draindown Sensivity*).

### 3 - MATERIAIS

Os materiais empregados na produção das misturas asfálticas descontínuas são: agregados, ligante asfáltico (CAP 50/70 e CAPFLEX B) e fibras. A seleção dos agregados foi realizada em função de suas propriedades, principalmente em função da resistência ao desgaste por Abrasão Los Angeles, uma vez que para misturas descontínuas a especificação DNIT ME 035/94 exige que seja inferior a 30%.

Os agregados (brita 5/8” e brita 3/8”) foram obtidos da Pedreira Valéria e o pó de pedra foi obtido da Pedreira Omacio. O fíler (material de enchimento que passa na peneira #200) utilizado foi o pó calcário. A Tabela 1 apresenta os resultados da caracterização dos agregados.

**Tabela 1:** Caracterização dos agregados

Ensaio	Resultados	Especificação	Método
Desgaste por Abrasão Los Angeles (%)	20	máx 30%	DNIT ME 035/94
Densidade aparente dos grãos (g/cm <sup>3</sup> )	2,737	-	DNIT ME 043/95
Densidade efetiva (g/cm <sup>3</sup> )	2,747	-	ASTM D2041

O material asfáltico utilizado é o asfalto-borracha, CAPFLEX B, fornecido pela Petrobras Distribuidora. Tem como base o cimento asfáltico de petróleo (CAP) e borracha moída de pneus inservíveis. As propriedades do ligante encontram-se na Tabela 2.

**Tabela 2:** Propriedades do ligante asfalto-borracha utilizado

Ensaio	Resultados	Método
Penetração (100g, 25°C, 5 seg) (dmm)	55	ASTM D 5
Ponto de amolecimento (°C)	62	ASTM D 36
Recuperação elástica (%)	62,5	ASTM D 6084
Viscosidade Brookfield (sp 31, 6 rpm) (cP) @ 175 °C	2.900	ASTM D 4402

Os ligantes modificados com borracha de pneu têm viscosidade bem mais elevada que a de ligantes convencionais, que aliada à sua excelente coesão e flexibilidade, permite a sua utilização em misturas asfálticas especiais, tais como camada porosa de atrito (CPA), *Stone Mastic Asphalt* (SMA) e *gap-graded*. Tais misturas proporcionam superfícies de pavimento com excelente macro-textura, o que se traduz em ganhos no atrito pneu-pavimento e na drenabilidade superficial, melhorando a visibilidade (anti-spray) e reduzindo os riscos de aquaplanagem. Um ganho que tem sido bastante considerado, também, é a redução do ruído gerado pelo tráfego de veículos quando são utilizadas essas misturas com asfalto-borracha.

Em relação à influência da borracha no comportamento do ligante modificado, os resultados obtidos mostram que a borracha interfere nas propriedades do ligante asfalto-borracha, aumentando a resistência do material. Quando analisados a viscosidade e o ponto de amolecimento pode-se verificar que o ligante asfalto-borracha apresenta valores mais altos do que o do CAP50/70 (sem borracha), tendo mais elasticidade quando solicitado pela variação de temperatura. Dessa forma, pode-se verificar que o asfalto-borracha (CAPFLEX B) apresenta maior resistência à

formação de defeitos (deformação permanente e de trincas por fadiga) do que o CAP50/70.

#### **4 – AVALIAÇÃO DAS MISTURAS ASFÁLTICAS**

A dosagem das misturas asfálticas (a quente e a frio) foi feita empregando-se o método Marshall (DNIT-ME 043/95; DNIT-ME 053/94 e DNIT-ME 117/94).

A avaliação das misturas asfálticas foi feita através de ensaios mecânicos: resistência à tração estática por compressão diametral, RT (DNIT-ME 138/94) e módulo de resiliência, MR (DNIT-ME 133/94). A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados obtidos pelos ensaios mecânicos.

**Tabela 1:** Parâmetros mecânicos das misturas avaliadas

Misturas	MR (MPa)	RT (MPa)	MR/RT
CBUQ (Faixa C)	2.616	0,77	3.397
SMA (AASHTO)	3.077	1,10	2.797

#### **5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Inicialmente foram produzidas misturas asfálticas sem fibras e realizadas dosagens com os diferentes tipos de fibras (sisal e coco), onde foram adotados (de acordo com a literatura) os teores de 0,3%, 0,4% e 0,5%. Foram produzidos 5 corpos-de-prova com cada teor de fibra. Os resultados obtidos nos ensaios realizados mostraram que as misturas com a fibra de sisal apresentam melhores resultados, quando comparadas com as fibras sintéticas (de poliéster) e as fibras de coco. No entanto, os ensaios precisam ser mais aprofundados, por isso ainda não permitem conclusões concretas a respeito do comportamento da fibra de sisal nas misturas asfálticas, pois visivelmente verificou-se que as fibras ficaram aparentes nos corpos-de-prova, não ficando bem homogênea como era esperado. Isso pode ter acontecido

devido ao tamanho das fibras, pois as mesmas foram cortadas manualmente com tesouras comuns, e no momento da mistura percebe-se que as fibras ficam grudadas nas colheres que são utilizadas para misturar os materiais, gerando perda das mesmas.

Por esse motivo, o estudo continua em andamento, onde serão produzidas novas misturas asfálticas com fibras de sisal, onde os corpos-de-prova serão submetidos ao ensaio de resistência do tipo Cantabro, que irá avaliar a estabilidade da mistura.

## **6 - CONCLUSÕES**

Apesar da necessidade de ensaios complementares, as evidências da pesquisa são de que a mistura asfáltica descontínua com fibras naturais e a mistura descontínua com ligante modificado podem ser alternativas para a melhoria da qualidade dos pavimentos, melhorando as propriedades de resistência ao acúmulo de deformação permanente (maior rigidez a elevadas temperaturas), de resistência à formação de trincas por fadiga (maior elasticidade). Além disso, deve-se considerar que, além de utilizar materiais naturais, renováveis e de fácil aquisição no nosso estado, também está se empregando um material produzido com resíduos sólidos, que é o caso dos pneus inservíveis utilizados na fabricação do ligante asfalto-borracha.

## **7 - NOTAS**

O desenvolvimento deste trabalho só foi possível porque conta com o apoio da Petrobras Distribuidora, da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), dos bolsistas Rigner Reis de Castro, João Paulo Ribeiro de Vasconcelos e Roseana Borges Mota e do técnico do Laboratório de Pavimentação da UNIFACS, Eliton Pereira Leal.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**AASHTO** – American Association of State Highways Transportation Officials. *MP8 – Specification for Designing SMA*. 2000.

**EDEL, G.** *Novas tecnologias - Asfalto borracha*. Partilha de Conhecimento. Construção Civil na Prática, ANCOVAP - 1ª Edição, São José dos Campos, SP. 2005.

**FERNANDES, JR., J. L.; ODA, S.; ZERBINI, L. F.** *Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação de Pavimentos Asfálticos*. Apostila. EESC/USP - São Carlos, SP, 1999.

**NEVES FILHO, C. L. D.** *Avaliação Laboratorial de Misturas Asfálticas SMA Produzidas com Ligante Asfalto-Borracha*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2004.