

APLICABILIDADE DE FIBRAS DE COCO EM MISTURAS ASFÁLTICAS TIPO SMA

Aline Colares do Vale¹ (LMP/UFC), Jorge Barbosa Soares² (LMP/UFC) e Michele Dal Toe Casagrande² (LMP/UFC)

¹Laboratório de Mecânica dos Pavimentos/Universidade Federal do Ceará (LMP/UFC). Campus do Pici – Bloco 703. Fortaleza-CE, CEP: 60.455-760, aline@det.ufc.br.

²Laboratório de Mecânica dos Pavimentos/Universidade Federal do Ceará (LMP/UFC). Campus do Pici – Bloco 703. Fortaleza-CE, CEP: 60.455-760, jsoares@det.ufc.br, michedtc@det.ufc.br.

O SMA foi concebido na Alemanha na década de 1960, a fim de obter uma mistura que fosse mais resistente à deformação permanente. As experiências obtidas nos países europeus serviram de exemplo para os procedimentos adotados em outros países, como os EUA, por exemplo. Como resultado, grande parte das misturas até o fim da década passada apresentaram tamanho máximo nominal (TMN) de 12,5 ou 19mm. Estas misturas são normalmente caracterizadas por apresentarem uma graduação descontínua, com elevada quantidade de agregados graúdos, percentagem de vazios da ordem de 4%, e percentagens de ligantes variando de 6 a 7%. Com o objetivo de se evitar o escorrimento do ligante asfáltico durante as operações de mistura e compactação a elevadas temperaturas, que ocorre principalmente pelas características granulométricas das misturas, são também incorporadas fibras às misturas, em geral, de celulose. Assim as atividades desenvolvidas no LMP/UFC consistem num estudo sobre a aplicabilidade da incorporação de fibras de coco verde, devido à abundância, deste material na região Nordeste, em misturas do tipo SMA como alternativa à incorporação das fibras de celulose. Para isto as misturas asfálticas do tipo SMA confeccionadas foram submetidas a ensaios de escorrimento, resistência à tração, módulo de resiliência, fadiga. Os valores encontrados foram comparados a outros obtidos para misturas SMA confeccionadas com fibra de celulose, apresentando mesma granulometria, agregados e ligante asfáltico das misturas asfálticas confeccionadas com fibra de coco. Os resultados encontrados mostram que a fibra de coco atende às exigências do ensaio de escorrimento e não interfere nos parâmetros mecânicos da mistura.

Misturas asfálticas, SMA, fibra de coco, fibra de celulose e comportamento mecânico.

1. INTRODUÇÃO

O modelo rodoviário brasileiro, ao longo das últimas cinco décadas, evoluiu tornando-se a principal forma de transporte no país. O Brasil é o quarto país do mundo em termos de superfície territorial (8,5 milhões de quilômetros quadrados) e em número de veículos automotores (32 milhões de unidades), porém é um dos países que menos rodovias pavimentadas têm por área territorial dentre os que estão em desenvolvimento, o que faz ter custos de transportes expressivos e baixa competitividade no mercado mundial.

Com o aumento do volume de tráfego e da carga dos veículos nas rodovias, torna-se cada vez mais importante que um pavimento atenda aos requisitos de alta durabilidade e segurança, proporcionando tranquilidade e conforto ao usuário. Além disso, a relação custo-benefício é um fator que exerce forte influência na escolha do revestimento asfáltico. A opção por uma alternativa de alta durabilidade reduz os custos de manutenção e de operação das vias durante o tempo de serviço. Para a camada de rolamento, a utilização de misturas asfálticas mais resistentes e mais duráveis vem crescendo nos países em desenvolvimento, podendo-se citar as misturas de graduação descontínua, como por exemplo, as misturas do tipo SMA (Reis *et al.*, 2000).

As experiências com o SMA têm mostrado de forma geral que se trata de um revestimento de alto desempenho estrutural e funcional. Esse tipo de mistura asfáltica tem sido muito utilizado na Europa, em países como a Alemanha, a Bélgica, entre outros, e na América do Norte, nos Estados Unidos e no Canadá. Sua aplicação tem sido realizada principalmente em vias de tráfego intenso e/ou pesado e aeroportos, seja como camada de aderência em pista molhada, na diminuição efetiva do spray ou borriço de água pelos pneus, na redução da reflexão das luzes de faróis em noites chuvosas, e na redução de ruídos nas áreas lindeiras à via.

Este trabalho avalia a aplicabilidade da incorporação de fibras de coco, devido à abundância deste material na região Nordeste, em misturas do tipo SMA como alternativa à incorporação das fibras de celulose. Para isto as misturas asfálticas do tipo SMA confeccionadas foram submetidas a ensaios de resistência à tração, módulo de resiliência, fadiga, de escorrimento e resistência à tração retida por umidade induzida. Os valores encontrados foram comparados a outros obtidos para misturas SMA confeccionadas com fibra de celulose, apresentando a mesma granulometria, agregados e ligante asfáltico das misturas asfálticas confeccionadas com fibra de coco.

O principal objetivo desta pesquisa é disponibilizar à engenharia rodoviária uma nova tecnologia construtiva ou de manutenção asfáltica, durável e econômica, adaptada à realidade nacional, utilizando material ecológico em misturas asfálticas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

O SMA consiste basicamente de duas frações: agregado graúdo e um elevado teor de mástique, que é formado tipicamente por agregado miúdo, fíler mineral, ligante asfáltico e fibras. O esqueleto mineral composto de agregado graúdo fornece à mistura um elevado intertravamento entre os grãos, de forma que a mistura ganha em resistência (a proporção de agregados graúdos é superior à proporção dos mesmos nas misturas densas e contínuas), enquanto o elevado teor de mástique fornece à mistura uma maior durabilidade (Vasconcelos, 2004).

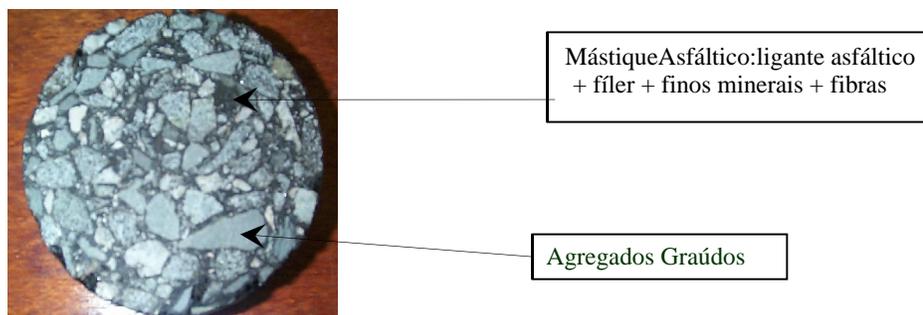


Figura 1. Composição esquemática do SMA.

A mistura SMA é um concreto asfáltico usinado a quente, concebido para maximizar o contato entre os agregados graúdos, aumentando a interação grão/grão. A mistura se caracteriza por conter uma elevada porcentagem de agregados graúdos (70-80% retido na peneira nº 10). Devido a esta particular graduação, forma-se um grande volume de vazios entre os agregados graúdos, que por sua vez, são preenchidos pelo mástique asfáltico (Reis *et al.*, 2001).

A mistura SMA é rica em ligante asfáltico devido à sua constituição granulométrica particular, com um consumo de ligante entre 6% e 7%. O SMA após compactação é um revestimento impermeável, com menos de 4% de volume de vazios. Geralmente é aplicado em espessuras variando entre 1,5 a 7,0 cm, dependendo da faixa granulométrica. Devido à graduação que apresenta e à alta concentração de agregados graúdos, as misturas do tipo SMA têm uma macrotextura rugosa, formando pequenos “canais” entre os agregados graúdos, responsáveis por uma drenagem superficial eficiente (Motta *et al.*, 2004).

São adicionadas fibras às misturas SMA, que podem ser de origem orgânica, inorgânica ou material mineral, com o intuito de evitar o escorrimto do ligante durante o processo de construção (produção, transporte e aplicação da mistura). As fibras, geralmente, não têm influência sobre o desempenho da mistura depois da compactação, embora possibilitem 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 dos agregados. Essas vantagens servem para aumentar a resistência ao desgaste do concreto asfáltico produzido (Neves *et al.*, 2004).

As fibras comumente utilizadas na Europa e na América do Norte são as de celulose ou minerais, correspondendo a 0,3% em peso do total da mistura no caso europeu, e a 0,3 – 0,4% no norte-americano. Do ponto de vista funcional, as fibras de celulose apresentam vantagens em relação às minerais, por serem totalmente inócuas à saúde e serem produzidas a partir de fontes renováveis.

Segundo especificações finlandesas (Pank, 1995) é recomendada a adição de diferentes tipos fibras em misturas asfálticas SMA, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Recomendações finlandesas para adição de fibras em misturas asfálticas tipo SMA em relação ao peso total da mistura ligante – agregado (Pank, 1995).

Tipo	Percentual de fibra na mistura (%)
Fibra de celulose	0,3-0,5
Fibra mineral	0,7-0,9
Fibra de vidro	0,4-0,6

3. METODOLOGIA

O trabalho seguiu a seguinte metodologia: seleção dos materiais, caracterização dos mesmos, definição da granulometria adotada, determinação do percentual de fibra a ser utilizada, dosagem da mistura e posterior caracterização mecânica.

3.1 Materiais empregados

Os materiais utilizados na presente pesquisa foram: brita ¾” e pó-de-pedra como agregados naturais, ambos de origem granítica; cal hidratada, como filler artificial; ligante asfáltico, classificado como CAP 50/70; além de fibras de coco e celulose.

3.1.1 Agregados Naturais

Os agregados naturais foram provenientes da Pedreira de Itaitinga, localizada a aproximadamente 30 km da cidade de Fortaleza - Ceará.

Segundo as especificações nacionais, realizaram-se para a brita ¾” os ensaios de abrasão Los Angeles (DNER ME 035/98), adesividade (DNER ME 078/94). No ensaio de adesividade obteve-se resultado satisfatório. Para o ensaio de abrasão Los Angeles obteve-se resultado de 49%, valor acima do permitido segundo DNER ES 313/97. Porém a mesma norma admite valores superiores no caso do material já ter apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior. Optou-se então por manter a brita, visto que a mesma é utilizada em várias obras no estado do Ceará, bem como em diversas pesquisas realizadas no estado (Vasconcelos, 2004).

3.1.2 Cal Hidratada

A cal hidratada, utilizada como filler artificial nas misturas, foi cedida pela Carbomil S.A.

3.1.3 Ligante Asfáltico

O CAP utilizado nessa pesquisa foi fornecido pela Lubrificantes do Nordeste (Lubnor/Petrobras) e é caracterizado por penetração como um CAP 50/70, de acordo com nova especificação brasileira. Este é proveniente do petróleo nacional Fazenda Alegre e atendeu a todas as especificações da Agência Nacional do Petróleo (ANP, 2005), sendo os ensaios realizados na própria Lubnor.

3.1.4 Fibras

As fibras utilizadas nessa pesquisa foram de coco e de celulose, esta última analisada como parâmetro de comparação devido aos diversos estudos já realizados anteriormente (Mourão, 2003; Vasconcelos, 2004).

As fibras de coco são constituídas de materiais lignocelulósicos, obtidos do mesocarpo (parte espessa fibrosa). O processo de desfibrção do mesocarpo para obtenção da fibra de coco pode ser feito por maceração em água ou por processos mecânicos. Comparada a outras fibras vegetais, a fibra de coco tem menor percentual de celulose (36 à 43%), entretanto a quantidade de lignina (41 à 45%) é cerca de duas vezes os valores existentes para juta e o sisal, conferindo-lhe, uma maior resistência e dureza frente a outras fibras (Esmeraldo, 2006). As fibras de coco foram cedidas pela Embrapa, no estado do Ceará. Na pesquisa foi utilizada a fibra de coco com as características e propriedades apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características da fibra de coco.

Características do granulado	Resultados
Comprimento médio do granulado	10-20mm
Espessura média	0,1mm
Quantidade (percentual em peso)	0,5%-0,7%

As fibras de celulose utilizadas nesse trabalho foram cedidas pela empresa Ecofibras, localizada no estado de São Paulo. O produto cedido é comercialmente designado como VIATOP 66, que é um granulado composto por 66,6% em peso de ARBOCEL ZZ 8-1 (fibra) e por 33,3% de asfalto. As fibras VIATOP 66 têm forma granular cilíndrica. Outras características das mesmas foram fornecidas pela empresa e encontram-se resumidas na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado de testes em amostra da fibra VIATOP 66.

Características da fibra de celulose	Resultado
Quantidade de ARBOCEL ZZ 8-1	63-67%
Comprimento médio do granulado	2-8mm
Espessura média	4 ± 1mm
Quantidade < 3,55mm	máx. 5%

3.2 Misturas Asfálticas do Tipo SMA

3.2.1 Definição da Curva Granulométrica

A curva granulométrica adotada nessa pesquisa seguiu a norma da AASHTO MP8-01, procurando atingir dentro da faixa a curva de trabalho com maior descontinuidade. Essa seria a situação mais desfavorável para o escorrimento sem a aplicação de fibras e então uma melhor percepção quando se colocar a fibra na mistura. A curva granulométrica é apresentada na Figura 2.

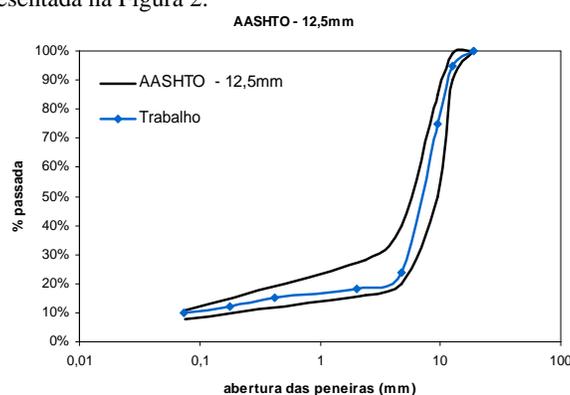


Figura 2. Curva granulométrica.

3.2.2. Procedimento de Confeção das Misturas e Dosagem

A dosagem de misturas asfálticas SMA segue alguns procedimentos peculiares em relação aos métodos de convencionalmente adotados para as misturas densas e contínuas. O projeto das misturas foi baseado na metodologia americana Superpave e no ensaio de escorrimento, este último com objetivo de encontrar a percentagem de fibras adequada para a mistura a fim de evitar o gotejamento.

A norma AASSHTO PP41-01 da American Association of State Highway and Transportation Officials apresenta os passos necessários para a dosagem das misturas do tipo SMA, que podem ser resumidos como segue.

- Seleção dos materiais;
- Seleção da graduação ótima;
- Determinação do teor de projeto de ligante asfáltico;
- Avaliação da mistura quanto à susceptibilidade à umidade;
- Avaliação da mistura quanto à sensibilidade à segregação.

No preparo da mistura, primeiramente foram aquecidos separadamente o CAP a 165°C, os agregados a 175°C e a fibra de coco a 70°C. Essa temperatura de aquecimento da fibra é suficiente para que ocorra perda de umidade na fibra sem haver degradação da mesma. Após todos os materiais atingirem a temperatura, a fibra foi incorporada aos agregados, para então ser feita a mistura destes materiais com o ligante asfáltico. As principais dificuldades observadas foram relativas à diminuição da trabalhabilidade das misturas asfálticas com a incorporação da fibra de coco, devido à tendência de formação de gomos.

As amostras foram compactadas com cilindro de 100 mm. Adotou-se 100 giros para as misturas com fibra de celulose e sem fibra e foram necessários 160 giros para confecção das misturas com fibra de coco para atingir 4% de vazios. A percentagem de vazios considerados para as misturas foi de 4% e o teor ótimo de CAP 50/70 encontrado para confecção dos corpos de prova para as misturas asfálticas sem fibra, com fibra de celulose e fibra de coco foram 5,9%, 6,0% e 6,3%, respectivamente.

3.2.3 Determinação das Características de Escorrimento de Misturas Asfálticas Não Compactadas

Por meio deste método é possível estabelecer a quantidade de material escorrido (gotejado) de uma amostra de mistura asfáltica a quente não compactada, no estado solto, quando a mesma é mantida a temperaturas elevadas. Segundo AASHTO T 305/97 o escorrimento ou gotejamento da mistura é aquela porção de material que se separa da amostra como um todo e é depositada fora da cesta de arame durante o ensaio, sendo este material drenado CAP ou uma combinação de CAP, aditivos e/ou agregado miúdo.

O ensaio se resume em colocar certa quantidade de amostra de mistura asfáltica ($1200g \pm 200g$) em uma cesta de arame posicionada sobre um prato. O conjunto (amostra, cesta e prato) é colocado em estufa por 60 ± 5 minutos. Ao fim deste tempo, o conjunto é removido da estufa, sendo sua massa em seguida determinada. Se a temperatura da mistura baixar mais de $25^{\circ}C$ da temperatura de ensaio, o tempo de permanência na estufa aumenta para 70 ± 5 minutos (Mourão, 2003).

Foi realizado ensaio de escorrimento para misturas SMA sem fibras e com variações de percentagens entre 0,5 e 0,7% de fibra de coco e 0,3 e 0,5% para fibra de celulose, faixa recomendada por Pank (1995). Para cada percentagem de fibra, o ensaio foi realizado na temperatura de $165^{\circ}C$, temperatura de mistura do ligante, e em $180^{\circ}C$, temperatura do ligante mais $15^{\circ}C$. Os resultados dos ensaios realizados nas misturas sem fibra, com fibra de coco e fibra de celulose são apresentados nas Figuras 3 à 7 e na Tabela 4.

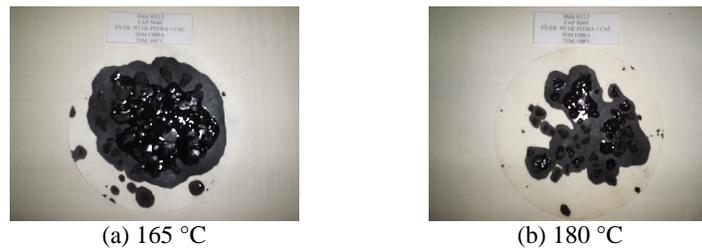


Figura 3. Escorrimento sem fibra.



Figura 4. Escorrimento com 0,5% de fibra de coco.

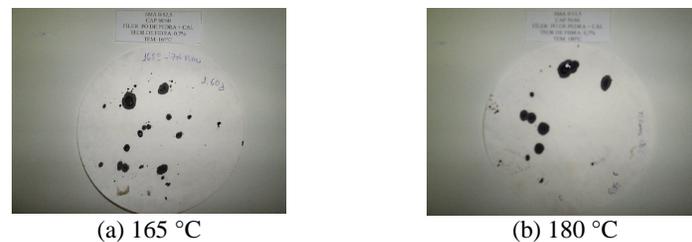


Figura 5. Escorrimento com 0,7% de fibra de coco.

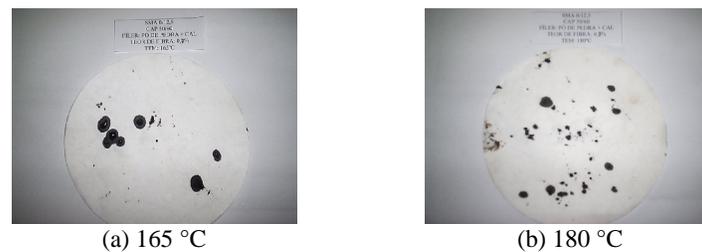


Figura 6. Escorrimento com 0,3% de fibra de celulose.



(a) 165 °C (b) 180 °C
Figura 7. Escorrimento com 0,5% de fibra de celulose.

Tabela 4. Resultado do ensaio de escorrimento.

Fibra	Teor (%)	Escorrimento (%)	
		T = 165° C	T = 180° C
Sem	0,0	1,06	0,70
Coco	0,5	0,08	0,25
	0,7	0,04	0,09
Celulose	0,3	0,01	0,03
	0,5	0,01	0,02

Os resultados apresentados na Tabela 4 mostram que o uso de fibras é essencial em misturas do tipo SMA com CAP 50/70 objetivando evitar o escorrimento, que deve ser no máximo 0,3%. Os resultados mostram que esta exigência é atendida com a incorporação de fibras de coco variando entre 0,5 e 0,7%. O percentual de fibra utilizado na mistura para confecção dos corpos-de-prova nos quais serão realizados os ensaios mecânicos para avaliação do comportamento das misturas do tipo SMA foi de 0,5% para a fibra de coco e 0,3% para a fibra de celulose.

3.2.4 Comportamento da absorção de asfalto pelo agregado granítico em relação ao teor de asfalto em diferentes misturas

Foi avaliado o comportamento da absorção de asfalto pelos agregados durante a confecção das misturas asfálticas sem fibra, com fibra de coco e fibra de celulose, nos teores ótimos de CAP seguindo as metodologias Superpave e Marshall. Inicialmente, a absorção de asfalto não era um dos assuntos a ser abordado nesta pesquisa, mas, devido à verificação da absorção alta de asfalto pelo agregado granítico e sabendo-se da sua influência direta no cálculo dos parâmetros usados como critério de projeto da mistura (volume de vazios, vazios do agregado mineral e relação betume-vazios), tomou-se a decisão de investigar mais detalhadamente o assunto.

A Tabela 5 apresenta os dados de entrada necessários para o cálculo da absorção de asfalto para as diferentes misturas estudadas. E a Tabela 6 apresenta os resultados da taxa de absorção de asfalto nas misturas asfálticas com fibra de celulose, fibra de coco e sem fibra.

Tabela 5: Dados de entrada das misturas asfálticas com fibra de celulose, fibra de coco e sem fibra.

	Fibra de celulose	Fibra de coco	Sem fibra
Teor de asfalto ótimo	6,0%	6,3%	5,9%
Densidade do asfalto (g/cm ³)	1,02	1,02	1,02
Densidade aparente dos agregados (g/cm ³)	2,651	2,651	2,651
Densidade aparente da mistura compactada (g/cm ³)	2,296	2,291	2,320
DMM	2,431	2,407	2,412

Tabela 6: Resultados da taxa de absorção de asfalto pelos agregados nas diferentes misturas analisadas.

	Fibra de celulose	Fibra de coco	Sem fibra
Densidade efetiva do agregado (g/cm ³)	2,666	2,649	2,638
Absorção de asfalto	0,2%	0,003%	0,2%
Porcentagem de asfalto efetivo na mistura	5,8%	6,3%	5,7%

Ao analisar a Tabela 6, pode-se verificar que a absorção de asfalto nas misturas asfálticas com fibra de celulose, fibra de coco foram semelhantes e a mistura asfáltica sem fibra apresentou valor menor que das outras misturas. Essa diferença de resultados de absorção de asfalto deve-se, possivelmente, ao fato das fibras absorverem asfalto durante o processo de mistura.

Analisando as misturas com fibra de coco e sem fibra com maiores teores de asfalto pode-se verificar que estas absorvem menos asfalto. Segundo Gouveia (2006) isso mostra uma tendência dos agregados de absorver mais asfalto quanto menor a espessura da película que os envolve. Uma possível explicação para esse fato é que, quando o teor de asfalto na mistura é menor, também é menor a espessura da película de asfalto que envolve a partícula do agregado, permitindo que o asfalto migre com mais facilidade ao interior dos poros devido à diminuição de sua tensão superficial.

4. RESULTADOS

Para a determinação das propriedades mecânicas das misturas asfálticas estudadas neste trabalho foram realizados os seguintes ensaios: resistência à tração por compressão diametral, módulo de resiliência e vida de fadiga.

4.1 Resistência à Tração por Compressão Diametral e Módulo de Resiliência

O ensaio de resistência à tração por compressão diametral (RT) é um ensaio de ruptura, onde o corpo-de-prova é posicionado horizontalmente e a carga é aplicada diametralmente a uma velocidade de $0,8 \pm 0,1$ mm/s. Os ensaios foram conduzidos a 25°C e realizados segundo a norma DNER-ME 138/94.

Na análise tensão-deformação das estruturas dos pavimentos, o parâmetro de deformabilidade normalmente empregado para caracterizar as misturas asfálticas é o módulo de resiliência (MR) (Motta, 1995). O ensaio para determinação deste parâmetro vem sendo realizado no Brasil em equipamentos pneumáticos com controle do tempo e frequência de aplicação da carga, sistema de aplicação da carga, sistema de medição do deslocamento diametral horizontal do corpo-de-prova quando submetido à carga e sistema de controle de temperatura. Os ensaios da presente pesquisa foram realizados segundo a norma DNER-ME 133/94. O MR foi determinado em corpos-de-prova moldados em laboratório (diâmetro de $10 \pm 0,02$ cm e altura de $6,35 \pm 0,20$ cm) a 25°C, e o resultado foi obtido por meio da leitura da deformação instantânea. Os resultados obtidos para os ensaios descritos acima são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Resultados dos ensaios de resistência à tração estática (RT) e módulo de resiliência (MR) à 25°C.

Mistura	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Resiliência (MPa)	Relação MR/RT
SMA CAP 50/70 sem fibra	0,91	3121	3429
SMA CAP 50/70 fibra de coco	0,98	3377	3854
SMA CAP 50/70 fibra de celulose	0,95	3486	3669

O valor de aproximadamente 3.000 para a razão MR/RT é obtido para diversas misturas tipo CBUQ produzidas com o ligante da refinaria Lubnor/Petrobras. Alguns pesquisadores acreditam que quanto menor o valor dessa razão, maior será a vida de fadiga obtida para esse mesmo tipo de mistura asfáltica. Para as três misturas SMA estudadas, a razão MR/RT variou de 3.400 a 3.900 e não houve a correlação dos valores inferiores com uma maior vida de fadiga, conforme será abordado no item a seguir.

4.2 Vida de Fadiga

A fadiga é um processo de deterioração estrutural que sofre um material quando submetido a um estado de tensões e deformações repetidas, que podem ser muito menores que a resistência última do material, resultando em trincas, após um número suficiente de repetições do carregamento (Pinto e Motta, 1995).

No ensaio de vida de fadiga, convencionalmente usado no Brasil, os corpos-de-provas são submetidos à compressão diametral, a temperatura de 25°C. Nesta pesquisa, de acordo com o valor encontrado no ensaio de resistência à tração, ensaiaram-se os corpos-de-prova em diferentes níveis de tensão, correspondentes a 30, 40, 50% da RT. A Figura 8 apresenta as curvas de fadiga da mistura SMA sem fibra, com fibra de coco e de celulose.

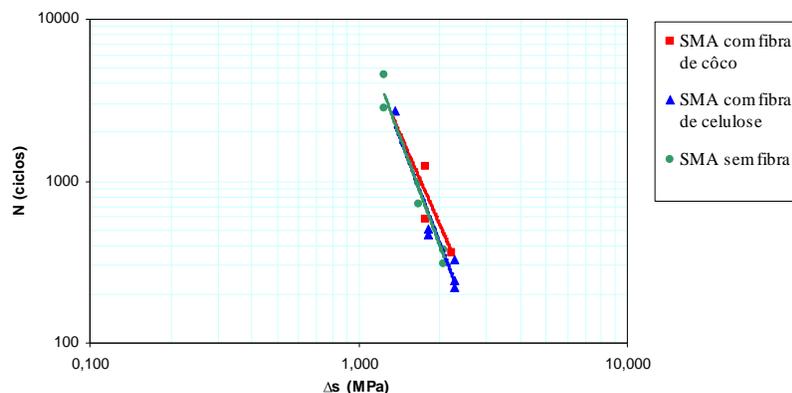


Figura 8. Vida de Fadiga para as misturas asfálticas SMA estudadas seguindo metodologia Superpave.

Analisando o gráfico de fadiga observa-se que as misturas SMA, seguindo metodologia Superpave, apresentaram vida de fadiga equivalentes. A comparação entre as vidas de fadiga para este ensaio é limitada porque o desempenho das misturas em campo está associado às tensões na estrutura do sistema de camadas.

5. CONCLUSÃO

Para se fazer uma comparação com os valores de RT, MR e vida de fadiga escolheu-se trabalhar também com misturas do tipo SMA com fibra de celulose utilizando as mesmas características da mistura SMA com fibra de coco. A mistura que utiliza fibra de celulose serviu como referência para a análise da mistura com fibra de coco, pois já existem diversos estudos que comprovaram a eficiência da fibra de celulose em misturas asfálticas.

A fibra de coco apresentou boa eficiência com relação ao escorrimento, porém apresentou dificuldades na sua trabalhabilidade durante a confecção dos corpos-de-prova, devido ao seu tamanho. Estas diferenças motivaram o estudo de outras configurações da fibra de coco utilizadas na confecção das misturas SMA, especialmente, o estudo de fibras com menores comprimentos, de forma a melhorar a trabalhabilidade da mistura solta e aumentar a homogeneidade da mistura compactada.

Essa análise da aplicabilidade do uso da fibra local é importante para a região Nordeste, devido à valorização do material regional e, também, por ser economicamente viável quando comparado à fibra de celulose devido a sua abundância na região. A fibra de coco deve ter um tamanho máximo de 20 mm, pois esta tende a formar gomos no momento da mistura, dificultando a trabalhabilidade na execução.

Analisando as misturas com fibra de coco e sem fibra com maiores teores de asfalto pode-se verificar que estas absorvem menos asfalto.

A resistência à tração das misturas SMA dosadas pela metodologia Superpave apresentaram valores satisfatórios.

Os resultados da vida de fadiga das misturas SMA sem fibra, com fibra de coco e fibra de celulose apresentaram-se equivalentes.

6. AGRADECIMENTOS

À ANP pelas bolsas das duas primeiras autoras, à Petrobras/Lubnor pelo fornecimento de CAP e à equipe do LMP/UFC.

7. REFERÊNCIAS

- AASHTO T-305. American Association of State Highway and Transportation Officials T-305 – Determination of Draindown Characteristics in Uncompacted Asphalt Mixtures, 1997.
- AASHTO PP-41. American Association of State Highway and Transportation Official PP-41 – Standard Practice for Designing Stone Matrix Asphalt (SMA), 2001.
- AASHTO MP-8. American Association of State Highway and Transportation Official MP-8 – Standard Specification for Designing Stone Matrix Asphalt (SMA), 2001.
- ANP Resolução ANP Nº 19, de 11.7.2005 DOU 12.7.2005. Regulamento técnico Nº 3/2005. Agência Nacional do Petróleo, 2005.
- DNER-ME 133/94. Misturas Betuminosas – Determinação do Módulo de Resiliência, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1994.

- DNER-ME 138/94. Misturas Betuminosas – Determinação da Resistência à Tração por Compressão Diametral, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – Método de Ensaio, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1994.
- ESMERALDO, M. A. Preparação de Novos Compósitos Suportados em Matriz de Fibra Vegetal/ Natural. Dissertação de Mestrado, UFC, Fortaleza, CE, Brasil, 2006.
- GOUVEIA, L.T. Contribuições ao Estudo da Influência de Propriedades de Agregados no Comportamento de Misturas Asfálticas Densas. Dissertação de Mestrado, USP, São Carlos, SP, Brasil, 2006.
- MOTTA, L. M .G.; L. F. M. LEITE; L. B. BERNUCCI e J. A. P. CERATTI. Síntese de Estudos Sobre Misturas Asfálticas Tipo SMA. In: Anais do 17º Encontro de Asfalto, artigo IBP901_04. Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
- MOTTA, L. M. G. Curva de Resiliência e fadiga de Misturas Asfálticas. Instituto Brasileiro de Petróleo, São Paulo, SP, Brasil, 1995.
- MOURÃO, F. A. L. Misturas Asfálticas de Alto Desempenho Tipo SMA. Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.
- NEVES FILHO, C. L. D.; L. L. B. BERNUCCI E J. L. FERNANDES Jr. Avaliação de misturas asfálticas SMA produzidas com ligante Avaliação de misturas asfálticas SMA produzidas com ligante asfalto-borracha quanto ao módulo de resiliência, a resistência à tração e fadiga. In: 17º. Encontro de Asfalto, Rio de Janeiro. 17º. Encontro de Asfalto. v. 1. p. 128-136, 2004
- PANK, H. Finnish Asphalt Specifications. Finnish Pavement Technology Advisory Council, 1995.
- PINTO, S. E L. M. G. MOTTA. Catálogo de Curvas de Fadiga. Boletim Técnico Nº16, Associação Brasileira de Pavimentação – ABPv. Rio de Janeiro, Brasil, 1995.
- REIS, R. M. M.; L. L. B. BERNUCCI E A. L. ZANON. Capítulo 9 Revestimento Asfáltico tipo SMA para Alto desempenho em Vias de Tráfego pesado. In: Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes; Confederação Nacional do transporte. (Org.). Transporte em transformação VI. 1 ed. Brasília, v. 6, p. 163-176, 2001.
- REIS, R. M. I. M. Revestimento Asfáltico Tipo SMA para Alto Desempenho em Vias de Tráfego Pesado. Tese de M. Sc., EPUSP-USP, Brasil, 2002.
- VASCONCELOS, K. L. Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas à Quente Dosadas pelas Metodologias Marshall e Superpave com Diferentes Granulometrias. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 149 fl, 2004.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.