# ADIÇÃO DA FIBRA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR (*Saccharum officinarum L.)* EM CONCRETO ASFÁLTICO

ANTÔNIO RODRIGO DO CARMO MOREIRA[1], FELIPE PIMENTEL SANTOS[2], VICTOR MOTA NOGUEIRA[3] e FERNANDO AUGUSTO FERREIRA DO VALLE[4]

[1]Graduando em Engenharia Civil, CEULS/ULBRA, Santarém-PA, rdcm007@gmail.com
[2]Engenheiro Civil, CEULS/ULBRA, Santarém-PA, pimentel.eng@hotmail.com
[3]Engenheiro Civil, CEULS/ULBRA, Santarém-PA, victor04itb2011@hotmail.com
[4]M.sc. Prof. Titular, CEULS/ULBRA, IFPA, Santarém-PA, fafvalle@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
Palmas/TO – Brasil
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** Considerando que o Brasil possui grande extensão territorial e estar propenso à elevadas movimentações de tráfego de veículos nas malhas rodoviárias, a busca pelo aprimoramento dos materiais utilizados em pavimentação tem se mostrado uma atividade extremamente necessária diante das patologias observadas em campo atualmente. Há uma série de pesquisas em todo mundo que se concentram na busca por formas de utilização de resíduos industriais ou agrícolas como fonte de matérias-primas para a construção civil, visando reduzir o consumo de recursos naturais e diminuir o custo no setor da indústria. Nesse sentido, o presente trabalho buscou realizar uma análise comparativa de pavimentação urbana utilizando o concreto asfáltico de petróleo e o concreto asfáltico de petróleo com a adição da fibra do bagaço da cana-de-açúcar, afim de identificar uma possível melhoria no desempenho mecânico do pavimento, bem como diminuir custos e aumentar a durabilidade da pavimentação. Desta forma, foram realizados ensaios baseados em parâmetros normativos, e foi possível concluir, do ponto de vista técnico, que a adição da fibra do bagaço da cana-de-açúcar é uma solução viável que pode ser aplicada para a melhoria do CBUQ convencional.
**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimentação, concreto asfáltico, fibra do bagaço da cana-de-açúcar.

## ADDITION OF THE FIBER OF THE BACTERIA OF SUGAR CANE (*Saccharum officinarum L.*) IN ASPHALT CONCRETE

**ABSTRACT**: Considering that Brazil has a great territorial extension and is prone to high traffic movements of vehicles in road networks, the search for the improvement of the materials used in paving has proved to be an extremely necessary activity in view of the pathologies currently observed in the field. There are a number of worldwide surveys that focus on the search for ways to use industrial or agricultural waste as a source of raw materials for construction, aimed at reducing the consumption of natural resources and reducing the cost in the industry sector. In this sense, the present work sought to perform a comparative analysis of urban paving using asphalt petroleum concrete and petroleum asphalt concrete with the addition of sugarcane bagasse fiber, in order to identify a possible improvement in the mechanical performance of the pavement, as well as reduce costs and increase the durability of paving. In this way, tests were carried out based on normative parameters, and it was possible to conclude from the technical point of view that the addition of sugarcane bagasse fiber is a viable solution that can be applied to the improvement of conventional CBUQ
**KEYWORDS:** Paving, asphalt concrete, sugarcane bagasse fiber.

## INTRODUÇÃO

A velocidade do crescimento da produção da indústria automobilística favorece o aumento da quantidade, do peso e o fluxo de eixos dos veículos em vias públicas, ocasionando a diminuição da vida útil dos pavimentos. Algumas rodovias possuem vida útil de 20 anos em projeto, mas na prática, reduzem para 5 ou 10 anos pelo fato desses projetos não preverem as condições climáticas e no

esforço que sofrerá a estrutura. O objetivo de muitos pesquisadores é buscar alternativas que possam melhorar o desempenho dos pavimentos tornando-o mais seguro e duradouro (Castro, 2010).

Segundo Augusto Júnior (1992), os pavimentos asfálticos provenientes das vias são compostos por estruturas que se caracterizam por várias camadas, cada uma com espessuras específicas. Desta forma, as estruturas, juntamente com a camada de revestimento, têm a função resistir aos esforços (verticais, horizontais e tangenciais), em decorrência do tráfego de veículos e dos efeitos causados por intempéries, além de proporcionar aos usuários conforto, segurança e economia.

Assim, de acordo com Bernucci et al. (2007), os pavimentos asfálticos são dimensionados para atender a certa demanda em uma determinada vida útil, porém, pode não ser atendida, devido ao uso inadequado da via, ou pela sua má execução, e até mesmo pela condição climática da cidade. Os defeitos dos pavimentos podem aparecer de diversas maneiras e intensidades, comprometendo assim a funcionalidade e principalmente a segurança da via.

Pinto (1998) salienta que o concreto asfáltico apresenta um alto custo devido à sua matéria prima principal, o Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP), presente na maioria dos pavimentos flexíveis, com intuito de diminuir o valor total do CBUQ. Diversas pesquisas tentam encontrar uma substituição viável a respeito de seus componentes, ou parte deles, por resíduos industriais, sem alterar as propriedades do pavimento e ainda reduzir o impacto ambiental causado pela necessidade de áreas específicas para deposição dos resíduos.

Nos últimos anos, o conceito de desenvolvimento sustentável tem sido cada vez mais aplicado pelos setores produtivos. A consciência de que o gerenciamento dos resíduos é uma questão estratégica para as empresas, tem impulsionado pesquisas na busca por alternativas para o aproveitamento dos resíduos industriais, e a indústria da construção civil apresenta um dos maiores potenciais para esse aproveitamento. Na pavimentação, alguns resíduos já são utilizados com sucesso, como no caso dos resíduos de construção e demolição (RCD), cinza volante, material fresado de revestimentos, PEAD (Polietileno de Alta Densidade), escória de aciaria, etc. (Homem, 2002).

Contudo, o CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado Quente), asfalto convencional em estudo, é composto por agregado graúdo, agregado miúdo, cimento (Pó de brita) e o CAP (cimento asfáltico de petróleo), apresentando um teor de 5 a 6% de cimento asfáltico usado em suas mistura, adquirindo uma condição estável, mas para algumas vias, a mistura não consegue distribuir as cargas liberadas pelo trafego dos veículos, podendo causar ruptura na capa de rolamento, e com o intuito de controlar esses fatores patológicos, são acrescentadas fibras na mistura, com o intuito de combater os esforços descontínuos ou contínuos na estrutura.

Em alusão à utilização de fibras em concreto asfáltico, o presente trabalho buscou realizar o reaproveitamento das fibras do bagaço de cana-de-açúcar, como um aditivo de polímero celulósico no concreto asfáltico, buscando proporcionar uma melhoria no desempenho do pavimento, visando reduzir trincamentos térmicoS e por fadiga e estender sua vida útil. O trabalho foi motivado pelo fato que, segundo Santana (2010), o Brasil é um dos maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo, e apesar de maior parte do bagaço ser utilizada para geração de energia térmica e elétrica, estima-se que mais de 20% do bagaço não possuem destinação de forma apropriada e acabam sendo descartados em lixões

## MATERIAS E MÉTODOS

Inicialmente, foram propostos dois modelos de composições diferentes de massa asfáltica para fim de comparação, o CBUQ convencional e o CBUQ modificado por fibra do bagaço de cana-de-açúcar. As duas composições foram compostas por agregado graúdo (brita 0 e brita 1) e miúdo, pó de brita e CAP 50/70. Foram utilizadas fibras com dimensão de 1,2 mm na proporção de 0,5% em relação ao peso total da mistura ligante.

Foram realizados ensaios laboratoriais com base nos preceitos normativos vigentes. As amostras de agregados, miúdo e graúdo, foram submetidas à análise granulométrica por peneiramento, conforme a normatização DNER – ME 035/95, e posteriormente foram enquadrados de acordo com as prescrições da DNER – ME 083/98. Os agregados também foram submetidos a ensaios de determinação da massa especifica (DNER – ME 194/98) e massa unitária compactada (DNIT ME – 153/97). Os valores obtidos estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos agregados.

| Peneiras (mm) | % Que Passa | | |
|---|---|---|---|
| | Pó de Brita | Brita | Areia |
| 19 | 100,00 | 100,0 | 100,00 |
| 12,5 | 100,00 | 99,70 | 100,00 |
| 9,5 | 100,00 | 89,80 | 100,00 |
| 4,8 | 97,30 | 36,60 | 99,55 |
| 2,4 | 48,40 | 12,10 | 98,63 |
| 1,2 | 1,00 | 1,00 | 97,00 |
| 0,6 | 0,80 | - | 86,45 |
| 0,3 | 0,60 | - | 36,64 |
| 0,15 | - | - | 4,24 |
| 0,075 | - | - | 0,78 |
| Fundo | - | - | 0,00 |
| Massa especifica ($kg/m^3$) | 2561 | 2483 | 2325 |
| Massa unitária compactada ($kg/m^3$) | - | 1260 | - |

Fonte: Autores, 2019.

Através dos resultados obtidos por meio do ensaio de análise granulométrica, por peneiramento dos agregados graúdos e miúdos, observou-se que o pó de brita, a brita e a areia obtiveram como diâmetro máximo 4,8 mm, 12,5 mm e 1,2 mm, respectivamente. Pode-se verificar também que o material se enquadrou na faixa C da norma citada.

Posteriormente, regida pela DNER – ME 004/94 e pela DNER – ME 148/94, foram determinadas para o cimento asfáltico de petróleo (CAP) a viscosidade Saybolt-Furol, nas temperaturas de 121 °C, 135 °C, 149 °C, 163 °C, 177 °C, 204 °C e 232 °C, e o ponto de fulgor.

Por seguinte, por meio da DNIT – ME 155/2010, as amostras de cimento asfáltico de petróleo (CAP) no estado sólido foram submetidas ao ensaio de penetração sob condições prefixadas de carga, tempo e temperatura. Ao final, foram determinadas a estabilidade e a fluência das misturas betuminosas usinada a quente propostas, utilizando o aparelho Marshall, nos parâmetros da DNER – ME 043/95. Para cada combinação foram moldados 03 corpos de prova.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na determinação da viscosidade saybolt-furol foram obtidos valores de viscosidade a partir dos parâmetros de temperaturas propostas. Foram realizadas duas determinações para cada temperatura e percebe-se que de acordo com os dados obtidos (Tabela 2), foram obtidas as seguintes médias de tempo para cada temperatura: 306,1 seg. à 121°C; 188,4 seg. à 135°C; 77,4 seg. à 149°C; 64,8 seg. à 163°C; 57 seg. à 177°C; 36,8 seg. à 204°C; e 17,1 seg. à 232°C.

Tabela 2. Viscosidade Saybolt-Furol.

| Ensaio de Viscosidade Saybolt Furol | | |
|---|---|---|
| **Determinações** | **Tempo (S)** | **Média** |
| 1ª DETERMINAÇÃO A 121°C | 304 | 306,1 |
| 2ª DETERMINAÇÃO A 121°C | 308,2 | |
| 1ª DETERMINAÇÃO A 135°C | 186 | 188,4 |
| 2ª DETERMINAÇÃO A 135°C | 190,8 | |
| 1ª DETERMINAÇÃO A 149°C | 79,2 | 77,4 |
| 2ª DETERMINAÇÃO A 149°C | 75,6 | |
| 1ª DETERMINAÇÃO A 163°C | 64,5 | 64,8 |
| 2ª DETERMINAÇÃO A 163°C | 65,1 | |
| 1ª DETERMINAÇÃO A 177°C | 56 | 57 |
| 2ª DETERMINAÇÃO A 177°C | 58 | |
| 1ª DETERMINAÇÃO A 204°C | 38,4 | 36,8 |
| 2ª DETERMINAÇÃO A 204°C | 35,2 | |
| 1ª DETERMINAÇÃO A 232°C | 18,2 | 17,1 |
| 2ª DETERMINAÇÃO A 232°C | 16 | |

Fonte: Autores, 2019.

No ensaio de ponto de fulgor, foi determinada a máxima temperatura a que se pode aquecer o asfalto sem risco de incêndio, e conforme exposto na Tabela 3, o resultado obtido foi de 255°C, atendendo o valor mínimo estabelecido por norma.

Tabela 3. Ponto de fulgor.

| **Ponto de fulgor** | |
|---|---|
| Temperatura mínima especificada (°C) | 235 °C |
| Resultado de laboratório (°C) | 255 °C |

Fonte: Autores, 2019.

No ensaio de penetração foi determinada a profundidade em décimos de milímetro que a agulha padrão penetra verticalmente na amostra de cimento asfáltico sob condições pré-fixadas de carga (100g), tempo (5s) e temperatura (25°C). Assim, conforme exposto na Tabela 4, foram realizadas três determinações, onde foi obtida uma média de 61,67 décimos de milímetro.

Tabela 4. Valores obtidos no ensaio de penetração.

| **Ensaio de penetração (100g, 5s, 25°C)** | | | |
|---|---|---|---|
| **Determinações** | | **Média** | **Especificação** |
| 1ª DETERMINAÇÃO | 54 | | |
| 2ª DETERMINAÇÃO | 63 | **61,67** | CAP 50/70 |
| 3ª DETERMINAÇÃO | 68 | | |

Fonte: Autores, 2019.

Já no ensaio Marshall, determinou-se a estabilidade e a fluência das misturas betuminosas usinadas a quente, utilizando o aparelho "Marshall". Os valores obtidos, tanto para a composição de CBUQ convencional como para a combinação de CBUQ modificado com fibra do bagaço de cana-de-açúcar, estão expostos nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Ensaio Marshall com CBUQ convencional.

| **Estabilidade** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Descrição** | **CP: 01** | **CP: 02** | **CP: 03** | **Média** | **Limites** |
| Leitura da prensa | 795 | 695 | 685 | - | - |
| Estabilidade | 1617,8 | 1414,3 | 1394 | 1475,4 | - |
| FC corpo de prova | 1,19 | 0,93 | 1,09 | - | - |
| Estab. Corrigida (kg/cm²) | 1925,2 | 1315,3 | 1519,4 | 1586,7 | - |
| Estab. Corrigida (N) | 18867,1 | 12890,2 | 14890,4 | **15549,2** | **Mínima 8000 (N)** |

| **Fluência** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Corpo de prova** | **Leitura $_i$** | **Leitura $_f$** | **Diferença** | **Valor** | **Média** | **Limites** |
| 1 | 51 | 36 | 15 | 3,81 | | |
| 2 | 52 | 41 | 11 | 2,79 | 3,30 | **Máx. 4 mm** |
| 3 | 53 | 40 | 13 | 3,30 | | |

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 6. Ensaio Marshall com CBUQ modificado com fibra do bagaço de cana-de-açúcar.

| **Estabilidade** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Descrição** | **CP: 01** | **CP: 02** | **CP: 03** | **Média** | **Limites** |
| Leitura da prensa | 707 | 770 | 600 | - | - |
| Estabilidade | 1438,7 | 1567,0 | 1221,0 | 1408,9 | - |
| FC corpo de prova | 1,47 | 1,47 | 1,56 | - | - |
| Estab. Corrigida (kg/cm²) | 2115,0 | 2303,4 | 1904,8 | 2107,7 | - |
| Estab. Corrigida (N) | 20726,6 | 22573,5 | 18666,6 | **20655,6** | **Mínima 8000 (N)** |

| **Fluência** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Corpo de prova** | **Leitura $_i$** | **Leitura $_f$** | **Diferença** | **Valor** | **Média** | **Limites** |
| 1 | 49 | 34 | 15 | 3,81 | 3,64 | **Máx. 4 mm** |
| 2 | 55 | 43 | 12 | 3,05 | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 57 | 42 | 16 | 4,06 |

Fonte: Autores, 2019.

Percebe-se que para o CBUQ convencional foi obtida uma média de 15549,2 N de estabilidade corrigida e 3,30 mm de fluência. Já para o CBUQ modificado com fibra a estabilidade alcançada chegou a 20655,6 N e fluência média de 3,64 mm. Comparando os resultados, a amostra com adição de fibras do bagaço de cana-de-açúcar proporcionou um aumento de 24,72% de estabilidade ao CBUQ, proporcionando um ganho de resistência e uma significativa melhoria. Além disso, a combinação contendo fibras, apesar das amostras apresentarem uma média de 3,64 mm de fluência, 0,34 mm a mais do que a composição sem fibras, entretanto, o valor está dentro dos limites mínimos recomendados pela norma.

## CONCLUSÃO

Com os dados obtidos e a partir das análises realizadas é possível concluir que a adição de fibras, provenientes do bagaço de cana-de-açúcar, em concreto asfáltico é tecnicamente viável, uma vez que a adição provocou melhorias satisfatórias, obedecendo padrões normativos. Além do ponto de vista técnico, o método proposto mostrou-se ecologicamente correto, aproveitando um insumo, que a priori seria descartado de forma inadequado no meio ambiente.

Desta forma, é extremamente viável adotar o método proposto em localidades onde são gerados grandes/médios volumes de bagaço de cana-de-açúcar, assim como em vias de trafego intenso, e até mesmo em recuperação de pavimentos asfálticos.

## REFERÊNCIAS


AUGUSTO JÚNIOR, F. Manual de Pavimentação Urbana. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 1992.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. Pavimentação Asfáltica: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: Gráfica Minister, 2007.

CASTRO, B. A. C. Construção de Estradas e Vias Urbanas: Notas de Aula, Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Peneiras de malhas quadradas para análise granulométricas de solos, DNER – ME 035/95. Rio de Janeiro, 1995.

_____. Ensaio Marshall para misturas betuminosas, DNER – ME 043/95. Rio de Janeiro, 1995.

_____. Análise granulométrica, DNER – ME 083/98. Rio de Janeiro, 1998.

_____. Ponto de fulgor, DNER – ME 148/94. Rio de Janeiro, 1994.

_____. Agregado em estado compactado seco. Determinação da Massa Unitária. DNIT ME 153/97. Rio de Janeiro, 1997.

_____. Determinação da penetração – Método de ensaio. DNIT ME 155/2010. Rio de Janeiro, 2010.

_____. Determinação da massa específica real de agregado miúdo e graúdo utilizando o frasco de Chapman, DNER – ME 194/98. Rio de Janeiro.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Determinação da viscosidade Saybolt-Furol, DNIT – ME 004/94. Rio de Janeiro, 1994.

HOMEM, T. R. Comportamento de misturas asfálticas porosas com ligantes modificados por polímeros e adição de fibras: UFRGS, 2002. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)

PINTO, S. Materiais Pétreos e Concreto Asfáltico: Conceituação e Dosagem. Departamento de Engenharia de Fortificação, IME – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1998. 81p.

SANTANA, Ana Lúcia. Cana-de-açúcar. 2010. Disponível em: <http://www.infoescola.com/plantas/cana-de-acucar/>. Acesso em: 10 set. 2018.