ADIÇÃO DA FIBRA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM CONCRETO ASFÁLTICO: Análise Comparativa

SARAH BUENO DE CASTRO[1], FELIPE PIMENTEL SANTOS[2], VICTOR MOTA NOGUEIRA[3], ANDERSON SALES BUDELON[4] e GLAIRTON NOGUEIRA[5].

[1]Graduanda em Engenharia Ambiental, PUC-GO, Goiânia-GO, sarah.buenocastro@gmail.com;
[2]Graduado em Engenharia Civil, CULS, Santarém-PA, pimentelfelipe2015@gmail.com;
[3]Graduado em Engenharia Civil, CULS, Santarém-PA, victormota.stm91@gmail.com;
[4]Graduando em Engenharia Civil, CULS, Santarém-PA, andersonsalles04@gmail.com;
[5]Prof. Msc. em Tráfico e Transporte Urbano, CULS, Santarém-PA, prgla@hotmail.com.

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

RESUMO: A busca pelo aprimoramento dos materiais empregados em pavimentação tem se mostrado uma atividade extremamente necessária diante das patologias observadas. Atualmente, pesquisas sobre o uso de resíduos agroindustriais como fonte de matérias primas para a construção civil têm se mostrado uma prática eficiente e sustentável. Nesse sentido, o objetivo da pesquisa é realizar uma análise comparativa de pavimentação urbana utilizando o concreto asfáltico de petróleo e o concreto asfáltico de petróleo com a adição de fibra do bagaço da cana-de-açúcar a fim de avaliar o desempenho do pavimento como o trincamento térmico e por fadiga, custos e durabilidade da pavimentação. Com base nos ensaios, conclui-se que a adição da fibra do bagaço da cana-de-açúcar é uma alternativa promissora que pode ser aplicada para a melhoria do CBUQ convencional.
PALAVRAS-CHAVE: Pavimentação, concreto asfáltico, fibra do bagaço da cana-de- açúcar, análise comparativa.

ADDITION OF SUGAR CANE BERRY FIBER IN ASPHALT CONCRETE: Comparative Analysis

ABSTRACT: The search for improvement of the materials used in paving has been shown to be an extremely necessary activity in view of the pathologies observed of the Research on the use of agro-industrial waste as a source of raw materials for civil construction has now proved to be an efficient and sustainable practice. In this sense, the objective of the research is to perform a comparative analysis of urban paving using asphalt petroleum concrete and petroleum asphalt concrete with the addition of fiber from sugarcane bagasse in order to evaluate the pavement performance as the thermal and fatigue cracking, costs and durability of paving. Based on the assays, it is concluded that the addition of sugarcane bagasse fiber is a promising alternative that can be applied to the improvement of conventional HMA.
KEYWORDS: Paving, asphalt concrete, fiber bagasse from sugarcane, comparative analysis.

INTRODUÇÃO

O crescimento da indústria automobilística, nos últimos anos tem provocado desgastes e alterações no desempenho da pavimentação. Características como resistência e deformidade são comprometidas pelas condições da superfície de rolamento produzidas pelo tráfego. Segundo a CNT - Confederação Nacional do Transporte -, cerca de 62% das rodovias brasileiras apresentam pontos críticos ao longo do percurso. Nesta perspectiva, é substancial o estudo de técnicas sustentáveis para a melhoria significativa de vias pavimentadas, mantendo a qualidade de suas propriedades.

A incorporação de resíduos industriais como substituição de componentes do concreto asfáltico tem se mostrado uma técnica promissora de ordem econômica, ambiental e social, capaz de reduzir custos na produção, minimizar impactos ambientais pela extração de matéria-prima e pela disposição inadequada de resíduos industriais (Pinto, 1998).

Desse modo, a fibra do bagaço da cana-de-açúcar é um tipo de resíduo agroindustrial capaz de manter a eficiência das propriedades do concreto asfáltico como um tipo de polímero celulósico.

Considerando a importância de manter a qualidade da pavimentação, a pesquisa objetiva-se em comparar a pavimentação urbana utilizando o concreto asfáltico de petróleo com adição da fibra do bagaço da cana-de-açúcar, através de ensaios laboratoriais a fim de identificar melhorias no desempenho da pavimentação.

MATERIAL E MÉTODOS

O asfalto convencional que está em estudo é o concreto betuminoso usinado quente (CBUQ), composto por agregado graúdo, agregado miúdo, cimento (pó de brita) e o cimento asfáltico de petróleo (CAP), apresentando um teor de 5% a 6% de cimento asfáltico usado na mistura, adquirindo uma condição estável.

Os ensaios laboratoriais para avaliação das propriedades foram divididos em etapas. Desse modo, todos os procedimentos foram realizados em conformidade com normas técnicas pertinentes ao estudo, desde a granulometria dos agregados ao comportamento e propriedades das misturas asfálticas.

A primeira etapa corresponde à caracterização granulométrica dos agregados miúdos e graúdos para concreto, conforme o DNER-ME 035/95 que especifica os métodos de ensaio por peneiramento a fim de encontrar as porcentagens de massa retida, classificação dos agregados e indicações das zonas que se situam. A distribuição granulométrica dos agregados é uma das principais características que atuam no comportamento de revestimentos asfálticos. Este estudo influencia diretamente nas propriedades destas misturas como a trabalhabilidade, permeabilidade, estabilidade, resistência à fadiga e à deformação permanente (Balbo, 2007). Outro estudo pertinente à caracterização do agregado miúdo e graúdo é a determinação da massa específica real através da picnometria, segundo as especificações do DNER-ME 084/95.

A segunda etapa consiste na verificação das propriedades mecânicas e de adesividade do material betuminoso. A determinação da viscosidade Saybolt-Furol do cimento asfáltico de petróleo (CAP) foi o primeiro ensaio realizado que prescreve a capacidade do material de resistir ao escoamento ou deformação, é a medida em segundos para o asfalto fluir em um orifício (furol) a uma determinada temperatura para preencher o viscosímetro. Todo o procedimento, aparelhagem e amostragem estão regulamentadas pela norma técnica DNER-ME 004/94.

Por conseguinte, a análise do ponto de combustão e ponto de fulgor consiste no aquecimento e exposição à chama até os vapores provocarem o lampejo da chama em qualquer ponto da superfície da amostra. O ensaio é normalizado pelo DNER-ME 148/94 e é fundamental para evitar acidentes de trabalho, os materiais betuminosos quando expostos às temperaturas elevadas representam riscos de incêndios durante seu amolecimento e manipulação (Balbo, 2007).

O ensaio de solubilidade, também denominado de ensaio de espuma utilizando o frasco de Erlenmeyer, determina a quantidade de betume e a qualidade do asfalto. As diferenças entre o peso inicial e insolúvel representam a solubilidade do CAP.

O ensaio de penetração, conforme o DNER-ME 155/2010, estabelece a forma de determinação da profundidade que uma agulha padrão penetra verticalmente uma amostra de material asfáltico sólido e semi-sólido empregado em rodovias sob condições pré-fixadas. Os cimentos asfálticos de petróleo são classificados de acordo com os ensaios de penetração, representando uma medida de consistência ou dureza. O método Marshall em CAP foi realizado conforme as diretrizes estabelecidas pelo DNER-ME 043/95, o ensaio determina a estabilidade e fluência das misturas betuminosas usinadas a quente.

Neste ensaio preparou-se a mistura do material de modo a atender a faixa especificada como demonstrado na Figura 1. Efetuou-se a moldagem de três corpos-de-prova para cada teor de ligante e determinou-se a densidade dos materiais. Assim, estes CPs foram aquecidos no banho de água na temperatura de 60 °C durante 30 minutos para posteriormente serem rompidos diametralmente.

Figura 1. Massa asfáltica CBUQ convencional e CBUQ modificado com fibras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para a análise granulométrica dos agregados miúdos e graúdos estão representados na Tabela 1 e revelam que os materiais satisfazem a faixa “C” de granulometria do manual de pavimentação (DNIT, 2006). Esta faixa é direcionada às camadas densas de rolamento similares às pavimentações urbanas. Do mesmo modo, no ensaio para determinação da massa específica identificou-se um valor de 1160g na massa específica do agregado graúdo e 2,56g na massa do agregado miúdo.

Tabela 1. Análise granulométrica do agregado graúdo e miúdo.

Agregado graúdo			**Agregado miúdo**		
Peneiras (mm)	**Média acumulada (%)**	**% Que passa**	**Peneiras (mm)**	**Média acumulada (%)**	**% Que passa**
25	0,00	100,0	9,5	0,00	100,0
19	0,00	100,0	4,8	0,45	99,55
12,7	0,34	99,67	2,4	1,37	98,63
9,5	10,18	89,82	1,2	3,00	97,00
6,3	63,41	36,59	0,6	13,55	86,45
4,8	87,86	12,14	0,3	63,36	36,64
2,4	98,97	1,03	0,15	95,76	4,24
-	-	-	0,075	99,22	0,78
Fundo	100,00	0,00	Fundo	100,00	0,00

O ensaio de viscosidade Saybolt-Furol representou a viscosidade da amostra betuminosa e com ela avaliamos a consistência e temperatura de usinagem e compactação, fornecendo o tempo de escoamento em orifícios calibrados e em tubos. Com base na Tabela 2, a temperatura crítica na qual ocorre o envelhecimento do ligante encontra-se inferior a 177ºC.

Tabela 2. Ensaio de viscosidade Saybolt-Furol

Temperatura (ºC)	**Tempo (s)**	**Média**
1ª determinação a 135°C	186	188,4
2ª determinação a 135°C	190,8	
1ª determinação a 150°C	79,2	77,4
2ª determinação a 150°C	75,6	
1ª determinação a 177°C	0,56	0,57
2ª determinação a 177°C	0,58	

A determinação do ponto de fulgor do cimento asfáltico de petróleo (CAP) é a menor temperatura na qual um combustível libera vapor em quantidade suficiente para formar uma mistura inflamável por uma fonte externa de calor. Esta é uma importante classificação dos produtos combustíveis, em especial no que se refere à segurança, aos riscos de transporte, armazenagem e manuseamento. A máxima temperatura encontrada, em laboratório, que se pode aquecer o asfalto sem perigo de incêndio foi de 255ºC. Isto revela que o material quando utilizado para a pavimentação não sofrerá grandes deformações com a temperatura.

Por conseguinte, o ensaio de espuma revelou um material adequado para uso na pesquisa. Não houve o surgimento de espumas no cimento asfáltico analisado. Os resultados para o ensaio de

penetração estão apresentados na Tabela 3. Para as três penetrações, foram encontrados valores precisos e usuais em conformidade com a norma técnica DNER-ME 003/99.

Tabela 3. Ensaio de Penetração.

Ensaio de penetração	Diâmetro (mm)	Média (mm)	Especificação
1ª determinação	54	61,67	CAP 50/70
2ª determinação	63		
3ª determinação	68		

O método Marshall fundamenta-se em dosar misturas econômicas entre agregado e ligante, para resistir cargas e pressões, além de determinar a estabilidade e a fluência de misturas betuminosas usinadas a quente. Foram moldadas três amostras para cada ensaio, os resultados estão expressos nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Ensaio Marshall com CBUQ convencional.

Componentes	Dosagem (%)	Pesos	Densidades	Densidade Teórica
Brita 0	15,00	1500,00	2,66	2,349
Brita 1	25,00	2500,00	2,66	
Pó de pedra	47,50	4750,00	2,59	
Areia	10,00	1000,00	2,63	
Betume	5,50	550,00	1,02	
Moldagem CP	**CP1**	**CP2**	**CP3**	**Média**
Densidade aparente	2,15	2,25	2,31	2,24
Volume de vazios (%)	8,43	3,99	1,39	4,60
Volume com betume (VCB)	11,60	12,16	12,49	12,08
Volume agregado mineral (VAM)	20,03	16,15	13,88	16,68
Relação betume vazios % (RBV)	57,92	75,30	89,99	74,40
Estabilidade (N)	18.867,10	12.890,2	14.890,40	15.549,20
Fluência (mm)	3,81	2,79	3,30	3,30

Tabela 5. Ensaio Marshall com CBUQ modificado com fibra.

Componentes	Dosagem (%)	Pesos	Densidades	Densidade Teórica
Brita 0	15,00	1500,00	2,66	2,515
Brita 1	25,00	2500,00	2,66	
Pó de pedra	40,00	4000,00	2,59	
Fibra	0,07	70,00	0,90	
Areia	10,00	1000,00	2,63	
Betume	5,50	550,00	1,02	
Moldagem CP	**CP1**	**CP2**	**CP3**	**Média**
Densidade aparente	2,21	2,14	2,05	2,13
Volume de vazios (%)	11,96	14,89	18,24	15,03
Volume com betume (VCB)	11,94	11,54	11,09	11,52
Volume agregado mineral (VAM)	23,91	26,43	29,33	26,56
Relação betume vazios % (RBV)	49,95	43,68	37,81	43,81
Estabilidade (N)	20.726,60	22.573,5	18.666,60	20.655,60
Fluência (mm)	3,81	3,05	4,06	3,64

Os ensaios com CBUQ convencional e modificado com fibras revelaram resultados similares. A adição de fibras apresentou melhorias em algumas propriedades do concreto como a estabilidade, fluência, resistência, compactação e houve redução do peso do concreto modificado com fibras. Todos os ensaios atenderam as especificações do manual de pavimentação (DNIT, 2006), os valores de fluência e RBV situaram nas faixas de 2 a 4,5 mm, e 75 a 82%, respectivamente.

A densidade aparente do CBUQ modificado com fibra apresentou valor menor que o CBUQ convencional. Essa variação ocorreu devido à própria densidade da fibra que é inferior aos demais agregados. Contudo, essa oscilação não é significativa e não interfere na análise, conforme já reportado em outros estudos (Pinto, 1998). Quanto à estabilidade, observou-se que a mistura com adição de fibra apresenta maior valor comparando com a mistura de referência, isto revela que os corpos-de-prova com fibras são mais resistentes à ruptura.

Os valores de fluência entre as amostras convencionais e aquelas com adição de fibras são próximos, isto prescreve um deslocamento vertical semelhante entre elas durante a ruptura e indica que a fibra de cana-de-açúcar pode ser utilizada como fíller conforme o manual de pavimentação (DNIT, 2006).

CONCLUSÃO

Inicialmente, propõem-se com este trabalho analisar de forma comparativa o CBUQ convencional e CBUQ modificado por fibras do bagaço da cana-de-açúcar.

Desse modo, todos os ensaios realizados para avaliar as propriedades dos ligantes asfálticos atenderam as normatizações e são adequados para uso em pavimentação. A adição das fibras em misturas asfálticas designou-se na melhoria do desempenho destes materiais. Contudo, verificou-se que o aproveitamento deste resíduo agroindustrial é tecnicamente viável e constitui como uma mistura de revestimento asfáltico do tipo sustentável com baixo custo e bom desempenho estrutural da camada de rolamento, além de contribuir com a preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Peneiras de malhas quadradas para análise granulométricas de solos, DNER – ME 035/95. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Análise granulométrica, DNER – ME 083/98. Rio de Janeiro, 1993.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Ponto de fulgor, DNER – ME 148/94. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Ensaio marshall para misturas betuminosas, DNER – ME 043/95. Rio de Janeiro, 1995.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Material asfáltico – Determinações da penetração, DNER – ME 155/10. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. Pavimentos Flexíveis – Concreto Asfáltico, Rio de Janeiro, 2006.

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