FIBRA DO BAGAÇO DE CANA-DE-AÇUCAR EM MISTURA ASFÁLTICA DO TIPO SMA

Gabriel Cortez do Nascimento

Hamilton Jose de Souza Junior

Orientadora: Fátima Pelisson

RESUMO

A adição do bagaço de cana diminui o custo na produção do asfalto do tipo *Stone Matrix Asphalt* - SMA, além de proporcionar um ganho ambiental. O presente trabalho teve o objetivo de fazer uma revisão bibliográfica sobre a utilização do bagaço de cana como aditivo no asfalto, considerando a redução de custo na produção de asfalto, visto que as fibras de celulose possuem custo elevado e também proporcionando um ganho ambiental onde o material que seria descartado passa a ter uma importante finalidade. O grande crescimento do volume de veículos e o aumento de cargas e eixos de veículos comerciais têm levado a diminuição da vida útil de pavimentos. A busca por alternativas que melhorem o desempenho dos pavimentos torna-se o maior desafio e o principal objetivo de pesquisadores dessa área. O SMA pode ser uma alternativa interessante para levar melhor desempenho dos pavimentos, contudo pelo seu alto custo devido às fibras de celulose, levanta-se a hipótese de substituí-las pelas fibras do bagaço de cana. A partir desta hipótese levantada, foi feito um estudo bibliográfico para entender as atuais tecnologias sobre o SMA. Foi estudadas pesquisas sobre o SMA, artigos sobre a utilização da técnica de substituição das fibras e experimentos sobre a substituição das fibras. Os resultados obtidos com esta pesquisa apresentam que o desempenho desta substituição é similar ao das fibras de celulose.

Palavras-chave: Revestimento; Pavimentos; Asfalto; Bagaço; Cana;

1. INTRODUÇÃO

A rede rodoviária de um país deve ser eficiente para maximizar os benefícios econômicos e sociais. As estradas são parte integrante do sistema de transportes, elas desempenham um papel significativo na consecução do desenvolvimento nacional e contribuem para o desempenho geral e o funcionamento social da comunidade. Reconhece-se que as estradas aumentaram a mobilidade, tirando as pessoas do isolamento e, portanto, da pobreza (CAMPOS NETO e SOARES, 2007).

Segundo Bartholomeu (2006), o setor de transporte rodoviário é uma espinha dorsal de fortes impactos em sociedades dinâmicas. A dependência

excessiva do transporte brasileiro de carga em relação às rodovias fica evidente quando se verifica a participação deste modal em outros países de dimensões continentais.

O pavimento asfáltico é conhecido por sua durabilidade e resiliência, portanto é a melhor opção para quase todas as superfícies pavimentadas. A maioria dos governos estaduais e federais prefere o pavimento asfáltico devido à sua confiabilidade e vida útil duradoura. Se for dimensionado corretamente, não precisará ser substituído por vinte a vinte e cinco anos. O asfalto também é a escolha mais popular para aplicações como, estacionamentos, estradas, pistas de pouso e decolagem (FERREIRA, 2015).

LACERDA (2005) afirma que o uso de novas tecnologias permitiu o desenvolvimento de estradas em vários países do mundo o que consequentemente acarreta melhorias econômicas para seus entornos, as facilidades de locomoção geradas pelas estradas e rodovias favorecem o comércio, o turismo entre outros, na mesma medida que a construção de uma estrada requer muitas vezes altos investimentos, ela também gera inúmeros benefícios.

Embora em larga utilização no Brasil, o asfalto como solução para as rodovias em regiões tropicais não é ideal, devido ao intenso intemperismo destas regiões. Rodovias com superfície de concreto aparentemente são mais resistentes às intensas variações diurnas de temperatura e umidade característica do clima tropical, mas é sujeita a diversas patologias como trincas, rachaduras e até desintegração total. Por esta razão, o ideal é a utilização de diferentes tipos de asfalto, de acordo com a temperatura média de cada região. (VASATA; JUNIOR, 2013).

Devido à importância econômica para o país, Castro e Leal (2013) relatam que estudos sobre novas tecnologias vêm sendo desenvolvidos para a melhoria da qualidade e resistência dos pavimentos, portanto, as misturas asfálticas começam a se destacar, fato observado com a utilização do bagaço de cana-de-açúcar como aditivo, uma opção sustentável e viável financeiramente. A adição de bagaço de cana-de-açúcar ao concreto asfáltico tende a melhorar as propriedades físicas e mecânicas da mistura e é apresentada como uma alternativa viável para o uso de

fibra natural, gerando benefícios técnicos, fatores econômicos e ambientais na indústria rodoviária do país.

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas cultivadas em mais de 110 países e sua produção total é superior a 1500 milhões de toneladas. A indústria brasileira gera cerca de 270 quilos de bagaço para cada tonelada de cana moída e a maior parte desse material é queimada em usinas termelétricas. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2018), a cana-de-açúcar é a principal fonte na produção de açúcar e de álcool e o seu processo de produção gera, entre outros resíduos, grande volume de bagaço, alguns dos quais utilizados como combustível para alimentar as caldeiras que produzem vapor para a cogeração de eletricidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cana-de-açúcar

Segundo Crusciol (2013), cana-de-açúcar é o nome comum dessa espécie de caule herbáceo, vivo e lenhoso de um gênero (*Saccharum*) da família das gramíneas (*Gramineae*), nativa da Melanésia e cuja espécie fundamental é *Saccharumofficinarum*. Atualmente é aceito com a seguinte classificação taxonômica:

- Reino: *Plantae*
- Sub-reino: *Cormobionta*
- Divisão: *Magnoliophyta*
- Classe: *Liliatae*
- Ordem: *Poale*
- Família: *Poaceae (Gramineae)*
- Tribo: *Andropogoneae*
- Gênero: *Saccharum*
- Espécies: *Saccharumofficinarum L.; SaccharumrobustumJesw; Saccharumspontaneum L; SaccharumbarberiJesw e SaccharumsinenseJesw.*

O tronco da cana-de-açúcar é constituído por uma parte sólida chamada fibra e uma parte líquida, o suco, que contém água e sacarose. Em ambas as partes, outras substâncias também são encontradas em quantidades muito pequenas. As proporções de componentes variam de acordo com a variedade (família) da cana, idade, maturidade, clima, solo, método de cultivo, fertilizantes, chuvas, irrigação, etc. No entanto, alguns valores de referência geral: Água 73 - 76%; sacarose 08 - 15%; fibra 11 - 16%. (CRUSCIOL, 2013).

A cana-de-açúcar demonstrada na Figura 1 foi introduzida em Cuba no ano de 1535 em Santo Domingo, sendo amplamente cultivado em países tropicais de todo o mundo pelo açúcar que contém nas hastes, formada por numerosos nós. É uma grama gigante relacionada ao sorgo e ao milho, quando adulta, atinge entre 3 e 6 m de altura e entre 2 e 5 cm de diâmetro. O sistema radicular é composto de um rizoma robusto subterrâneo. O caule acumula um suco rico em sacarose, um composto que quando extraído e cristalizado na sagacidade forma o açúcar (MACHADO, 2003).

Figura 1: Caule de Cana de Açúcar.

Fonte: SRCG, 2020.

A sacarose é sintetizada pela cana, graças à energia retirada do sol durante a fotossíntese nas folhas que podem ter de dois a quatro metros de comprimento. A sacarose do suco é cristalizada no processo como açúcar e a fibra constitui o bagaço uma vez que a cana é moída (MACHADO, 2003).

2.2. Bagaço da cana-de-açúcar

A revitalização do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) do Governo Federal, impulsionado pela fabricação dos carros bicombustíveis, aumentou consideravelmente a geração de resíduos pela indústria sucroalcooleira, especialmente o bagaço de cana-de-açúcar.. Essa grande geração de bagaço é objeto de várias pesquisas visando o aproveitamento desse resíduo pelos diversos setores industriais. Apesar da maior parte do bagaço de cana ser queimada na produção de açúcar e álcool, ainda existe um excedente sem uma destinação certa. O bagaço excedente gera problemas ambientais e de estocagem (CANILHA *et al.*, 2007).

A maior parte do bagaço é queimada nas caldeiras das usinas para produção de energia térmica ou elétrica, tornando a indústria sucroalcooleira uma das únicas a ser produtora e consumidora de energia renovável. A principal vantagem do bagaço de cana em relação às outras fibras é o custo significativamente inferior (CASTRO; LEAL, 2013).

De acordo com Kiffer (2010),

> As fibras normalmente misturadas ao SMA têm um custo mais alto do que as misturas convencionais com betume e compostos derivados do petróleo. O bagaço reduz consideravelmente esses custos de produção e ainda proporciona um ganho ambiental. (KIFFER, 2010, p.22).

Ainda, segundo Kiffer (2010), além de bom para o meio ambiente, o uso do bagaço reduz o custo de produção do asfalto. (KIFFER, 2010).

2.3. História e importância dos pavimentos asfálticos

As estradas são componentes vitais do sistema de transportes, utilizadas para transporte de produtos aos seus mercados, e pessoas de um lugar para outro. Portanto, uma boa rede de estradas é um índice chave de desenvolvimento de qualquer país. Após o desenvolvimento industrial e o aumento da população, a demanda por provisões adequadas de instalações de transporte e manutenção das existentes estão aumentando enormemente, mesmo que as disponibilidades de material bom e adequado para a construção de estradas é grosseiramente inadequado e, na maioria dos casos, inexistente. (BERNUCCI *et al.,* 2006).

Os registros mais antigos datam de 3000 a.C., quando o asfalto era usado para conter vazamentos de águas em reservatórios, já passando pouco depois a

pavimentar estradas no Oriente Médio. Nesta época, ele não era extraído do petróleo, mas sim feito com piche retirado de lagos pastosos que afloram à superfície. A partir de 1909 iniciou-se o emprego de asfalto derivado do petróleo, devido a sua maior pureza e viabilidade econômica, sendo atualmente o principal meio de produção de asfalto. No Brasil, a primeira rodovia asfaltada do país foi a Rio-Petrópolis, em 1928, durante o governo Washington Luís (BARELLA; ZEITLIN, 2005).

2.4. Stone Mix Asphalt (SMA) como opção asfáltica

Kiffer (2010) relata que

> Há algumas décadas, o desenvolvimento sustentável tem sido preocupação constante e crescente. A utilização de materiais que antes eram descartados sem uma destinação, a não ser poluir, é um grande avanço na luta para salvar o meio ambiente. Pensando nisso, um grupo de pesquisadores desenvolveu uma forma de utilizar o bagaço da cana como aditivo estabilizante nas misturas de asfalto do tipo SMA (Stone Matrix Asphalt). Eles entram em substituição às fibras de celulose, e não permitem que o cimento asfáltico escorra durante o processo de mistura ou aplicação. (KIFFER, 2010, p.22).

O SMA é um tipo de mistura de asfalto desenvolvido na Alemanha na década de 1960 que, devido à sua maior resistência, é amplamente utilizado como revestimento para estradas e aeroportos nos Estados Unidos e na Europa. Para produzí-lo, as fibras de celulose ou de vidro entram na composição para evitar o escorrimento no momento em que ele é misturado ou aplicado (BERNUCCI *et al.,* 2006).

O SMA é uma combinação de asfalto e agregados que proporcionará uma superfície durável para pavimentos e é amplamente utilizado, principalmente em países como os EUA, Canadá e em alguns do continente Europeu como a Alemanha, Inglaterra, Suíça e Bélgica, seu uso é justificado pela sua alta durabilidade e resistência, principalmente nos lugares onde há tráfego intenso de veículos pesados, no Brasil seu uso vem ganhando cada vez mais espaço, especialmente agora que em sua composição, pode-se associar o bagaço de cana-de-açúcar, componente com grande eficiência e com custos reduzidos quando comparados às fibras normalmente misturadas ao SMA (fibras de vidro, fibras de celulose ou material mineral). (PÁGINA RURAL, 2010).

As misturas SMA são a combinação de uma estrutura granular grossa e uma mástique de asfalto e fibras; onde o contato pedra-pedra prevalece devido à sua estrutura granular, dessa maneira as cargas de tráfego são suportadas pelas partículas agregadas grosseiras (MEDINA, MOTTA, 2015).

De acordo com Castro e Leal (2013), sua utilização tem sido em rodovias concessionadas, pois buscam alternativas ao concreto asfáltico usinado a quente convencional para melhorar a característica do revestimento final do pavimento asfáltico, como a resistência, a diminuição do ruído, o aumento do atrito pneu/pavimento e da segurança ao usuário, suas principais características apresentam:

- Boa estabilidade a elevadas temperaturas;
- Boa flexibilidade a baixas temperaturas;
- Elevada resistência ao desgaste;
- Boa resistência à derrapagem devido à macrotextura da superfície de rolamento;
- Redução do spray ou cortina de água durante a chuva; e
- Redução do nível de ruído ao rolamento.

Devido à sua granulometria, considera-se uma maior porcentagem de asfalto na mistura (6% min.), o que causa escoamento nas misturas de asfalto SMA, e é necessário o uso de um agente estabilizante, como fibra de origem orgânica, que é a fibra de celulose, evitando o escoamento do SMA, contendo vazios entre 2 a 4% em volume, esse baixo percentual de vazios fornece excelente textura macro e baixa permeabilidade. O aditivo estabilizador na mistura pode ser fibra de origem orgânica, mineral ou polímero, cobrindo o agregado, impedindo o escorrimento, garantindo uma mistura homogênea (CAMPOS NETO; SOARES, 2007).

O termo "Superpave" é a sigla para *Superior Performing Asphalt Pavements*, que evoluiu a partir de parcerias criadas entre a *Federal Highway Administration* (FHWA), a *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), TRB e outros membros da comunidade SHRP (BERNUCCI et al., 2006).

Refere-se a um sistema de pavimentação completo. A mistura é projetada para acomodar a carga de tráfego esperada, bem como as condições climáticas

históricas do local para o pavimento. Os componentes da mistura são cuidadosamente selecionados, cada um tendo que atender a requisitos específicos. O grau de aglutinante é estabelecido observando-se as altas e baixas temperaturas históricas do pavimento no local. Além disso, o agregado deve atender a propriedades consensuais específicas, incluindo angularidade de agregado grosso e fino, partículas planas e alongadas e teor de argila (VASCONCELOS, 2004).

Devido aos critérios de design, as misturas Superpave devem ter uma estrutura de agregado forte que, em geral, resulta em uma mistura de agregado mais grosseira de asfalto do que misturas padrão. As misturas Superpave são projetadas para corresponder às cargas de tráfego esperadas e às altas e baixas temperaturas esperadas dos pavimentos (OLIVEIRA, 2014).

O principal problema que levou ao desenvolvimento do sistema de pavimentação Superpave foi a deformação do pavimento na forma de sulcos. As misturas resultantes têm um contato pedra com pedra muito maior do que o projetado anteriormente e são mais resistentes a sulcos, mas também são mais difíceis de compactar. Rolos mais pesados e um maior esforço de compactação são necessários para atingir a densidade de mistura adequada (LEANDRO, 2016).

Para garantir que a densidade adequada esteja sendo alcançada, os empreiteiros muitas vezes são obrigados a monitorar as densidades com dispositivos como uma densidade nuclear ou um medidor não nuclear. Proporções mais altas de agregado grosso são necessárias para obter maior contato pedra com pedra e também produzir uma mistura que é muito mais fácil de segregar sempre que for movida. As equipes de pavimentação precisam estar cientes disso e tomar as medidas adequadas para minimizá-lo (OLIVEIRA, 2014).

Nas Figuras 2 e 3, pode-se verificar uma comparação entre uma mescla SMA e uma Superpave.

Figura 2: Stone Matrix Asphalt - SMA

Fonte: Bianchi *et al.,* 2008.

Figura 3: SUPERPAVE

Fonte: Bianchi *et al.,* 2008

No Brasil pode-se citar como exemplo o autódromo de Interlagos, suas pistas são exemplos de pavimentação por SMA, que na verdade trata-se da combinação de uma estrutura granular grossa e uma mástique de asfalto, enchimento e fibra; onde o contato pedra-pedra prevalece devido à sua estrutura

granular, desta forma, as cargas de tráfego são suportadas pelas partículas de agregado grosso, é necessário citar que essa mistura asfáltica requer usar um agente estabilizante como fibra de origem orgânica, fibra de celulose, para evitar o escoamento, assim surge a possibilidade do uso do bagaço da cana-de-açúcar, tornando a estrutura da mistura asfáltica mais resistente (KIFFER, 2010).

Barbosa (2014) cita vantagens e desvantagens entre elas:

a) Vantagens

- O SMA oferece um curso de desgaste texturizado, durável e resistente à rotina;
- As características de textura da superfície do SMA são semelhantes ao asfalto classificado aberto, de modo que o ruído gerado pelo tráfego é menor que o comum no Brasil;
- O SMA pode ser produzido e compactado com as mesmas instalações e equipamentos disponíveis para a mistura quente normais, usando as modificações do procedimento acima.
- O SMA pode ser usado em cruzamentos e outras situações de alto estresse de tráfego;
- As superfícies da SMA podem fornecer trincas de reflexão reduzidas dos pavimentos trincados subjacentes devido ao mástique flexível;
- A durabilidade da SMA é relativamente maior.

b) Desvantagens

- Aumento do custo do material associado ao maior teor de ligantes e cargas de asfalto e aditivo de fibra;
- O tempo de mistura aumentado e o tempo necessário para adicionar carga extra, podem resultar em produtividade reduzida;
- Possíveis atrasos na abertura ao tráfego, pois a mistura SMA deve ser resfriada a 40 ° C para evitar a descarga do aglutinante na superfície (sangramento);
- A resistência inicial à derrapagem (atrito na estrada) pode ser baixa até que o filme espesso do ligante seja desgastado da parte superior da superfície pelo tráfego. Em situações críticas, pode ser necessário aplicar um grão pequeno e limpo antes de abrir o tráfego.

- O material é removido por fresagem em sobreposições subsequentes, porque o vazio na classificação da folga retém água, iniciando a remoção no ligante de asfalto.

Dentre os fatores que colaboram com a eficiência do SMA, tem-se o contato grão a grão, através de britas maiores, pode-se falar em torno de 50% a mais de vida útil em relação ao asfalto comum, sem contar que essa estrutura rugosa oferece mais segurança aos motoristas, pois há uma melhor drenagem superficial, consequentemente menores chances dos carros sofrerem aquaplanagem, vez que a aderência dos pneus à superfície do pavimento é maior (CASTRO; LEAL, 2013).

A SMA foi projetada para melhorar a resistência e a durabilidade da rotina através do uso de um esqueleto estável pedra sobre pedra, unido por uma rica mistura de cimento asfáltico, juntamente com agentes estabilizadores, como fibras e modificadores de asfalto. Nos Estados Unidos, a SMA é usada principalmente para pavimentar rodovias de alto volume, mas em todo o mundo também foi usada em pistas de corrida e ruas urbanas. Além de maior durabilidade e resistência ao sulco, os SMA's demonstraram ser eficazes na redução do ruído do tráfego (SILVA, 2005).

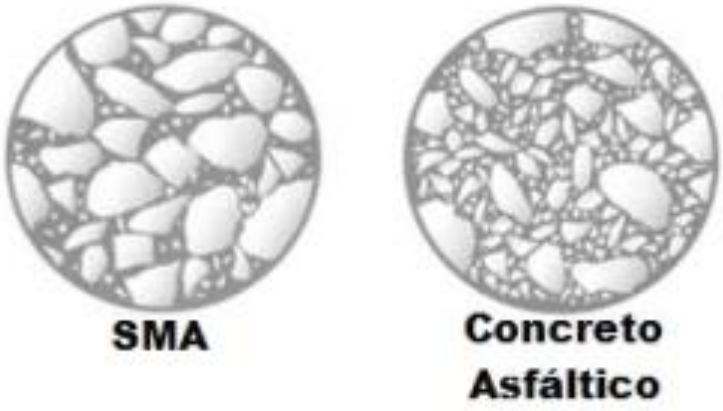
A SMA é normalmente usada como um curso de superfície, ocasionalmente como um curso intermediário, também foi utilizado com sucesso em aplicações de sobreposição fina e recapeamento de fresagem e preenchimento (VASATA; JUNIOR, 2013).

Segundo Castro e Leal (2013), as misturas SMA têm um alto custo inicial devido ao maior percentual de asfalto e ao uso de agregados mais resistentes. Porém, esse custo inicial mais alto pode ser mais do que compensado pelo aumento da resistência a deformações permanentes sob cargas de tráfego médio a alto. Além disso, a durabilidade e fissuras por fadiga são evitadas. Alguns relatórios incluem diminuição de ruído durante a passagem dos pneus e melhor resistência ao atrito devido à sua textura superficial grossa. O craqueamento refletido nas misturas de SMA geralmente não é grave, como nas misturas denso porque é menos provável que a rachadura se espalhe. O SMA já tornou possível resolver os problemas de tráfego pesado e climas extremos (calor excessivo ou frio excessivo) das estradas da Europa, EUA, Canadá e na América do Sul, o Brasil e a Argentina.

Misturas do tipo SMA, em função do alto teor de ligante asfáltico, necessitam de fibras como aditivo estabilizante para que não haja segregação ou exsudação durante o processo de mistura e espalhamento.

A Figura 4 mostra uma representação gráfica das diferenças entre o SMA e o concreto asfáltico convencional.

Figura 4: SMA e concreto asfáltico convencional.



Fonte: Silva, 2005.

As fibras usadas não produzem nenhuma alteração química no cimento asfáltico, mas as propriedades físicas são alteradas, permitindo o aumento do teor de asfalto empregado na produção da mistura (CASTRO; LEAL, 2013).

Segundo pesquisadores, o bagaço de cana não precisa ser processado para servir como aditivo ao asfalto, só precisa estar seco e passado pela peneira de 1,2 mm e já está pronto para uso, por outro lado, a produção de fibra de celulose para adicionar ao asfalto requer um processo químico complexo que gera alguns efluentes (VASATA; JUNIOR, 2013).

O SMA com menor tamanho máximo (9,5 e 4,8 mm) apresenta alguns benefícios em relação aos de tamanho máximo maior, como maior trabalhabilidade e menor permeabilidade. O SMA de menor dimensão máxima é uma opção viável para camada fina de recapeamento (COOLEY et al., 2001).

2.5. Produção sustentável de pavimentos asfálticos

Bernucci *et al.,* (2006), indica que um pavimento para cumprir adequadamente suas funções deve atender aos seguintes requisitos:

• Ser resistente à ação de cargas impostas pelo tráfego;

• Ser resistente a agentes climáticos,

• Apresentar uma textura superficial adaptada às velocidades de circulação esperadas de veículos, uma vez que exerce uma influência decisiva na segurança rodoviária. Mais longe, deve ser resistente ao desgaste causado pelo efeito abrasivo dos pneus dos veículos;

• Deve ter uma regularidade superficial, transversal e longitudinal, que permite conforto adequado ao usuário com base nos comprimentos de onda das deformações e velocidade da circulação;

• Deve ser durável;

• Apresentar condições adequadas de drenagem;

• Ruído de rolamento, dentro de veículos que afetam o usuário, bem como o exterior, que influencia o ambiente, deve ser adequadamente moderado;

• Deve ser econômico e

• Deve ter a cor certa para evitar reflexos e oferecer uma segurança de tráfego adequada.

Além de gerar energia, o bagaço de cana-de-açúcar ganhou uma nova aplicação. Usado como aditivo estabilizante nas misturas de asfalto do tipo SMA (*Stone Matrix Asphalt*), que por sua resistência é usado em vias de tráfego intenso, aeroportos e autódromos, ele substitui a fibra de celulose obtida da madeira (AMATO, 2011).

A utilização do bagaço de cana-de-açúcar, como uma nova tecnologia usada na pavimentação foi desenvolvida pelos pesquisadores Regina Coeli Martins Paes de Aquino e Claudio Leal, do Instituto Federal Fluminense (IFF), em parceria com o engenheiro Protásio Ferreira e Castro, da Universidade Federal Fluminense (UFF).

> Nosso projeto propõe o uso de bagaço de cana remanescente da produção de açúcar e etanol. “Dessa forma, aproveitamos o desperdício e transformamos um processo industrial em uma contribuição para o desenvolvimento sustentável”. A tecnologia também reduz o custo da mistura de asfalto, porque as fibras geralmente são mais caras. Para transformar o bagaço em agregado para o asfalto, dificilmente é necessário secá-lo e coar. Testes de laboratório mostraram que a mistura tem a mesma eficiência que o asfalto misto de fibras, afirma (LEAL, 2013, p.22).

A alternativa é de grande interesse para o Brasil, o maior produtor e exportador mundial de açúcar e etanol derivado da cana-de-açúcar, sendo que o Brasil produz cerca de 132 milhões de toneladas de bagaço de cana por ano, a maior parte desse material é usada pelos próprios produtores como combustível para suas caldeiras, mas um quinto é descartado no meio ambiente (PÁGINA RURAL, 2010).

O uso de fibra como aditivo estabilizante na mistura para evitar a drenagem excessiva do ligante é amplamente utilizado. Normalmente, a fibra alemã sintética Viatop 66 é utilizada como aditivo estabilizante na mistura SMA. No entanto, a fibra sintética alemã importada é muito cara e, para superar esse problema, outras fontes de fibra baratas e ecológicas foram introduzidas. Atualmente, a fibra natural é amplamente utilizada para substituir a fibra sintética nas misturas SMA. O bagaço é uma fibra vegetal constituída principalmente por celulose que é um polímero de glicose com módulo relativamente alto, frequentemente encontrado como componente fibrilar de muitos compósitos de ocorrência natural (madeira, palha de cana e bagaço) em associação com lignina (AMATO, 2011).

Ao entrar em contato com empresas da região, para pesquisas de valores, foi constatado a media da tonelada do bagaço de cana-de-açúcar torno de R$-65,00 (sessenta e cinco reais) a tonelada, enquanto a fibra de celulose estipula-se no valor de U$-500,00 (quinhentos dólares) aproximadamente R$-2.500,00(dois mil e quinhentos reais) a tonelada. É notável uma grande diferença de custos, tornando-se viável financeiramente o uso do bagaço de cana-de-açucar..

Sustentabilidade tem sido uma meta que diversos setores produtivos procuram alcançar.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho buscou fazer uma revisão bibliográfica da literatura existente sobre a utilização do bagaço da cana-de-açúcar na incorporação ao concreto asfáltico tipo SMA em substituição aos agregados convencionais atualmente usados.

Justifica-se a busca de misturas com materiais alternativos de concreto asfáltico por muitas razões. Asfaltos modificados com polímeros são aplicados nos casos em que as propriedades ligantes tradicionais são insuficientes (tensões excessivas, temperaturas agentes atmosféricas, tipo de pavimento, etc.).

O uso de misturas descontínuas, o uso de asfaltos modificados e a incorporação de fibras permitiram um maior teor de ligantes sem riscos de exsudação, obtendo melhores características coesivas e impermeáveis. As misturas foram desenvolvidas na Alemanha, com SMA, adicionando fibras, ao mesmo tempo em que as misturas porosas ou drenantes começaram a ser usadas, hoje são amplamente utilizadas pelo mundo em estradas e rodovias com alta densidade de tráfego.

Misturas muito aberta com betumes convencionais não atingem boa resistência mecânica devido à coesão insuficiente e baixa adesividade, resultando em menor durabilidade.

O agente estabilizador mais utilizado para esse tipo de mistura passa a ser a fibra de celulose, para a qual se propõe adicionar fibra de bagaço de cana-de-açúcar como alternativa de agente estabilizante em SMA. Com isso, resultados semelhantes são buscados ao avaliar estes em relação às misturas de asfalto SMA. com fibra de celulose comercial e, portanto, têm como uma alternativa estabilizadora neste tipo de mistura de asfalto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMATO, Marcelo Saade. **Utilização do bagaço de cana-de-açúcar como aditivo ao asfalto**. Disponível em: http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=3076. Acesso em 01/06/2020.

BARBOSA JUNIOR, Ésio Curado. **Comparativo técnico-econômico entre pavimentos flexíveis e pavimentos rígidos**. Projeto final, Publicação ENC. PF 013-2013/02, Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - GO, 2014.

BARELLA, Rodrigo Maluf; ZEITLIN, Michael Paul. Parcerias público-privadas no âmbito rodoviário. **Revista de Práticas Administrativas**, São Paulo, v. 1, jan./fev. 2005.

BARTHOLOMEU, Daniela Bacchi. **Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras**.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006. 165p.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti; CERATII, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: 1 ed.. PETROBRAS: ABEDA, 2006. 504 p.

BIANCHI, Flavia Regina; BRITO, Isis Raquel Tacla; CASTRO, Verônica Amanda Brombley. **Estudo Comparativo entre pavimento rígido e flexível.** Disponível em: http://www.ibracon.org.br/eventos/50cbc/pav_apresentacoes/ISIS_RAQUEL.pdfAcesso em 02/06/2020.

CAMPOS NETO, Carlos Álvares da Silva; SOARES, Ricardo Pereira. **A eficiência do Estado e as concessões rodoviárias no Brasil: preocupação com o valor do pedágio e sugestões para operacionalizar a modicidade das tarifas**. Brasília: Ipea, 2007. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=5144. Acesso em 04/06/2020.

CANILHA ET AL., L.. **Caracterização do bagaço de cana-de-açúcar in natura, extraído com etanol ou ciclohexano/etanol**. Congresso Brasileiro de Química, 47., 2007. Associação Brasileira de Química. Natal, 2007

CASTRO, Potasio Ferreira; LEAL, Claudio Luiz Dias. **Estudo do bagaço de cana de açúcar como aditivo em SMA.** July 07 - 10. Porto, Portugal. Disponível em: https://copec.eu/congresses/shewc2013/proc/works/10.pdf. Acesso em 05/06/2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília: Conab, 2018. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana. Acesso em 06/06/2020.

COOLEY E BROWN, L. ALLEN, JR. E E. RAY. **Potencial de uso de asfalto matricial de pedra para sobreposições finas. Registro de Pesquisa em Transporte: Diário do Conselho de Pesquisa em Transporte**. Conselho de Pesquisa em Transporte das Academias Nacionais. 2001, Volume 1749.

CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa. **Cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum spp*.)**. 2013 Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/fitotecniatecnologiadealimentosesocioeconomia716/aula-1---cana---origem-e-economia-revisada-zoo.pdf. Acesso em: 06/06/2020.

FERREIRA, Lorena Amaral Rodrigues. **Estudo sobre a durabilidade, sustentabilidade e competitividade dos pavimentos de concreto utilizados nas estradas de rodagem brasileiras**. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6731/1/CM_COECI_2015_2_25.pdf. Acesso em: 07/06/2020.

KIFFER, Danielle. **Bagaço de cana-de-açúcar melhora o asfalto e condições ambientais**. Disponível em:

http://www.faperj.br/downloads/revista/Rio_Pesquisa_12_2010.pdf.Acesso em junho de 2020.

LACERDA, Sander Magalhães. **O financiamento da infraestrutura rodoviária através de contribuintes e usuários.** BNDES**,** Rio de Janeiro, n. 42, 141-159p. , 2005.

LEAL, Claudio Luiz Dias. **Aproveitamento do bagaço de cana de açúcar em misturas asfálticas**. Niterói, RJ: [s.n.], 2013. 219 p.

LEANDRO, Rodrigo Pires. **Avaliação do comportamento mecânico de corpos de prova de misturas asfálticas a quente resultantes de diferentes métodos de compactação**. São Paulo, 2016. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-24062016-113652/publico/RodrigoPiresLeandroPPGETcorr2016.pdf. Acesso em: 10/06/2020.

MACHADO, Fúlvio Barros Pinheiro. **A História da Cana-de-açúcar - Da Antiguidade aos dias atuais.** Disponível em: https://www.udop.com.br/noticia/2003/01/01/a-historia-da-cana-de-acucar-da-antiguidade-aos-dias-atuais.html. Acesso em:12/06/2020.

MEDINA, Jacques; MOTTA, Laura Maria Goretti. **Mecânica dos Pavimentos**. 12ª edição, 570 p. Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ, 2015.

OLIVEIRA, Jose Ricardo. I**nfluência dos métodos de compactação Marshall e Superpave no desempenho de misturas asfálticas.** Disponível em: http://www.creadigital.com.br/portal?txt=317731383230. Acesso em:14/06/2020.

PÁGINA RURAL. **RJ: bagaço de cana-de-açúcar melhora o asfalto e condições ambientais**. Disponível em: https://www.paginarural.com.br/noticia/126745/bagaco-de-cana-de-acucar-melhora-o-asfalto-e-condicoes-ambientais. Acesso em: 16/06/2020.

SILVA, Patrícia Barboza. **Estudos em Laboratório de Misturas Asfálticas SMA 0/8S e SMA 0/16**. São Paulo, 2005. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-31082006-134522/publico/dissertacao_completa.pdf. Acesso em: 18/06/2020.

SRCG, MS: **Cenário aperta margem do produtor de cana-de-açúcar em MS.** Mato Grosso do Sul, 24/04/2020. Disponível em: https://srcg.com.br/noticia/cenario-aperta-margem-do-produtor-de-cana-de-acucar-em-ms/12750/ acesso em 18/06/2020.

VASATA, Ana Cláudia Dal Pra; JUNIOR.; Ildeivan da Silva. **Análise comparativa entre os sistemas de pavimentação rígida e flexível quanto a sua viabilidade técnica e econômica para aplicação em uma via urbana**. Pato Branco, 2013. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1506/1/PB_DACOC_2013_1_01.pdf. Acesso em: 20/06/2020.

VASCONCELOS, Kamilla Lima. **Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas a Quente Dosado pelas Metodologias Marshall e Superpave com Diferentes Granulométricas.** Fortaleza, 2004. Disponível em: http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/4902/1/2004_dis_klvasconcelos.pdf. Acesso em: 21/06/2020.