

UTILIZAÇÃO DE REVESTIMENTOS DRENANTES DO TIPO CAMADA POROSA DE ATRITO (CPA) E DE ASFALTO MODIFICADO POR POLÍMERO (AMP) COMO SOLUÇÕES PARA O MEIO URBANO EM FORTALEZA-CE

Renan Santos Maia

Carla Marília Cavalcante Alecrim

Verônica Teixeira Franco Castelo Branco

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes (PETRAN)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Victor Mosca de Carvalho Araujo

Hamilton Santiago Reis Júnior

Insttate Engenharia Ltda

RESUMO

A utilização de Asfalto Modificado por Polímero (AMP) para execução de revestimentos asfálticos do tipo Concreto Asfáltico (CA) e Camada Porosa de Atrito (CPA) representa, para locais com condições ambientais adversas ou com tráfego pesado, uma tendência de melhoramento no desempenho do pavimento. A utilização de CPA, entretanto, não representa uma solução usual para meios urbanos. Este trabalho tem como objetivo detalhar o processo de dosagem, usinagem e aplicação em campo desse tipo de mistura em meio urbano, na cidade de Fortaleza-CE, como uma solução para a reabilitação de revestimentos que, ao longo dos anos, tenham passado por sucessivas aplicações de CA sem a devida fresagem do revestimento antigo. Para os gestores municipais, a utilização de tecnologias como a CPA e os AMP têm apresentado desempenho satisfatório em aspectos como o desempenho mecânico e a possibilidade de serem utilizados revestimentos mais esbeltos, sendo vistas como práticas a serem continuadas.

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A utilização de Asfalto Modificado por Polímero (AMP) para execução de revestimentos asfálticos do tipo Concreto Asfáltico (CA) e Camada Porosa de Atrito (CPA) pode representar, para locais com condições ambientais adversas ou com tráfego pesado, como rodovias de alto volume de tráfego, uma melhora no desempenho do pavimento sob aspectos mecânicos ou funcionais. Misturas asfálticas porosas como a CPA são camadas de revestimento esbeltas - espessuras inferiores a 4 cm, segundo DNIT-ES 385/99 (DNIT, 1999) - executadas acima de estruturas regulares de pavimentos com o objetivo de melhorar as condições de segurança do tráfego – aumento da aderência pneu-pavimento e drenagem da água superficial - durante eventos de chuva e reduzir o ruído ao rolamento. A utilização de CPA, entretanto, não representa uma solução comum para a pavimentação urbana.

A utilização de revestimentos esbeltos do tipo CPA em meios urbanos tem sido uma alternativa experimentada na cidade de Fortaleza-CE, especialmente quando se busca a reabilitação de revestimentos que, ao longo dos anos, tenham passado por sucessivas aplicações de camadas asfálticas, em geral CA, sem a devida fresagem do revestimento antigo. Tal prática, ao longo dos anos, pode comprometer, dentre outras questões, o projeto geométrico das vias urbanas, tornando comum a observação de vias nas quais o pavimento se encontra em cota superior à das calçadas, conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1: Projeto geométrico comprometido com revestimento em cotas superiores às das calçadas (Fonte: Jornal O Povo, 2010)

Este trabalho tem como objetivo apresentar o processo de dosagem, usinagem e aplicação de misturas asfálticas de diferentes tipos (CA e, principalmente, CPA) produzidas a partir de um Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) modificado pelo polímero elastomérico estireno-butadieno-estireno (SBS) na cidade de Fortaleza/CE. Este trabalho está dividido em duas fases: a primeira se refere ao projeto das misturas asfálticas, com os procedimentos de caracterização de materiais, dosagem e avaliação em laboratório de amostras produzidas, por meio de ensaios mecânicos. Já a segunda faz referência à usinagem e compactação das misturas asfálticas em campo, destacando-se as particularidades dos processos e os resultados obtidos.

2. BREVE EMBASAMENTO TEÓRICO

O AMP pode ser aplicado em misturas de diferentes características, dentre as quais estão o CA e a CPA. A norma DNIT-ES 385/99 (DNIT, 1999) estabelece os critérios de projeto para CA com AMP, próprio para utilização como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento. Já a CPA é um tipo de revestimento asfáltico de elevada permeabilidade, cujas características a serem atingidas estão propostas na DNER-ES 386/99 (DNER, 1999). Segundo a especificação mencionada, a CPA deve possuir um elevado Volume de vazios (V_v) (entre 18 e 25%), distribuição granulométrica de acordo com o especificado em uma das 5 faixas permitidas, além de espessura de revestimento inferior a 4 cm e teor de ligante entre 4,0 e 6,0%, apesar de esse valor ser muitas vezes difícil de ser alcançado, ficando entre 3,5 e 4,5%, segundo Bernucci *et al.* (2010). Além disso, há de se cumprir com requisitos relativos ao ensaio de Desgaste Cântabro (DC), que permite uma avaliação indireta da coesão da mistura, resistência à desintegração e intertravamento de agregados, cuja perda de massa não deve superar os 25% e de Resistência à Tração (RT) que deve apresentar resultados superiores a 0,55 MPa.

A avaliação mecânica de misturas asfálticas pode ser realizada a partir de diversos ensaios laboratoriais, como RT, DC, além do Módulo de Resiliência (MR), sendo este último não mencionado na DNER-ES 386/99 (DNER, 1999). Apesar de serem RT e DC os ensaios exigidos em norma para misturas do tipo CPA, sabe-se que o estado da arte já se encontra em um estágio de ensaios mais avançados. Segundo Bernucci *et al.* (2010), resultados de RT encontrados são comumente menores que 1 MPa para CPA, além do fato de que o mesmo parâmetro (RT) sofre uma redução quando a mistura é moldada em usina, se comparada àquela moldada em laboratório (reduções de 33 a 47%).

Para a usinagem e compactação de CPA, Alvarez *et al.* (2008) sustentam a necessidade de rigorosa manutenção das temperaturas no processo de usinagem, devido à utilização de AMP em CPA, ligantes cuja viscosidade é mais elevada que a de asfaltos convencionais. Trata-se de um tipo de ligante que necessita de maiores temperaturas e o processo de transporte de massa

pode contribuir para a perda de calor, comprometendo a compactação, daí a indicação para utilização de um tipo de transporte que melhor isole o material do ambiente, especialmente em contextos de clima mais frio. Quanto à estocagem do material, sugere-se que a massa não fique mais de 12 horas nos silos. Segundo os citados autores, deve-se, para a compactação em campo de misturas abertas, utilizar rolos tandem (popularmente conhecidos como lisos ou de chapa) com 8 a 9 toneladas por eixo. Rolos pneumáticos não são utilizados, uma vez que, dada a menor área de contato, o processo de amassamento pode fechar poros e prejudicar a capacidade drenante da camada. Para a aceitação do serviço, sugere-se uma conferência de teor de ligante, composição granulométrica e também uma inspeção visual. Adicionalmente, sugere-se uma avaliação da capacidade drenante do pavimento em campo.

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1. Materiais

O Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP) utilizado foi o Flexpave 55/75, modificado pelo polímero elastomérico SBS. As especificações do material são mostradas na Tabela 1. Foi feita a análise do ligante, por meio do ensaio de viscosidade Brookfield, para a definição das temperaturas de compactação e usinagem. O ensaio indicou as temperaturas de 164 a 168°C para usinagem e 149 a 153°C para compactação. Para a mistura e compactação da amostra, as temperaturas foram definidas em 166° e 151°C, respectivamente.

Tabela 1: Características do CAP Flexpave 55/75

Ensaio	Norma	Especificação	Resultado
Recuperação Elástica (Ductilômetro a 25°C, 20 cm, %)	NBR-15086	Mín. 75,0	79,9
Ponto de Amolecimento (°C)	NBR-6560	Mín. 55,0	61,2
Penetração (25°C, 100g, 5s, 0,1mm)	NBR-6576	45-70	48,3
Viscosidade Brookfield (135°C, SP 21, cP)	NBR-15184	Máx. 3.000	1.301
Viscosidade Brookfield (150°C, SP 21, cP)	NBR-15184	Máx. 2.000	789
Viscosidade Brookfield (177°C, SP 21, cP)	NBR-15184	Máx. 1.000	383
Ponto de Fulgor (°C)	NBR-11341	Mín. 235	<240
Densidade Relativa (25°C)	NBR-6296	1,00 a 1,05	1,014

Utilizaram-se frações de agregados classificados como Brita ½” e Pó de Pedra. A análise petrográfica da Brita ½” classifica o material como monzogranito (rocha ígnea), já o Pó de Pedra foi classificado como biotita-gnaiss (granito tectônico). Quanto à adesividade ligante-agregado, observou-se um desempenho satisfatório, conforme mostrado na Figura 2, que apresenta o recobrimento dos agregados por ligante mantido satisfatório após o processo de condicionamento proposto na DNER-ME 078/94 (DNER, 1994).



Figura 2: Aspecto visual da adesividade ligante-agregado após condicionamento

3.2. Dosagem e avaliação mecânica

A granulometria do material utilizado para dosagem do CA foi ponderada entre as duas composições (53% de Brita ½” e 47% de Pó de Pedra), sendo enquadrado na faixa C da DNIT-ES 385/99 (DNIT, 1999). Para a CPA, as proporções de material escolhidas foram projetadas para a Faixa II da DNER-ES 386/99 (DNER, 1999), com a adição de 2% de cal (90% Brita + 8% de Pó de Pedra + 2% de Cal). As granulometrias das misturas são mostradas na Figura 3.

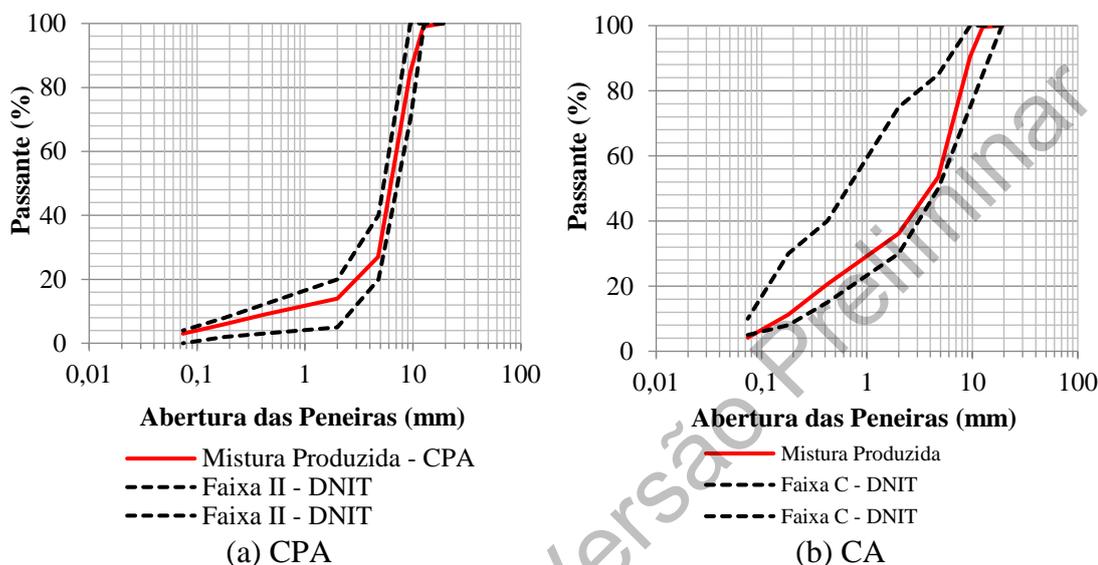


Figura 3: Granulometrias de projeto para as misturas CPA e CA

Para a dosagem da mistura do tipo CA, a confecção dos Corpos-de-Prova (CPs) ocorreu de acordo com a metodologia Marshall, conforme a norma DNER-ME 043/95 (DNER, 1995), com energia de compactação de 75 golpes por face. A partir da composição de cada fração de agregados e do total de ligante nas misturas produzidas, calculou-se a Densidade Máxima Teórica (DMT) para cada teor de ligante, a partir dos valores de densidade real dos componentes da mistura. Para o cálculo do Vv da mistura, o valor de DMT é relacionado com a densidade aparente dos CPs, determinada de acordo com a norma DNER-ME 117/94 (DNER, 1994). Já para a CPA, o material foi compactado com o uso do equipamento Marshall a partir da aplicação de 50 golpes. O valor do número de golpes (50) é indicado por Bernucci *et al.* (2010). Há registros de aplicação de 75 golpes em estudos realizados para rodovias concessionadas (Motta *et al.*, 2010 e Bernucci *et al.*, 2010). A norma DNER-ME 117/94 (DNER, 1994) estabelece o procedimento para avaliação do Vv para CPs de elevada permeabilidade.

No caso da camada de CA, utilizando-se o CAP Flexpave 55/75, foi obtido um teor de projeto de ligante de 5,7%, atendendo-se a um Vv projetado de 4% e RBV de 78%, ambos enquadrados nos limites de norma DNER-ES 385/99 (DNER, 1999). Já quanto à CPA, foi obtido um teor de projeto de ligante de 3,9%, atendendo-se a um Vv projetado de 18%, limite mínimo da DNER-ES 386/99 (DNER, 1999), de encontro com o mostrado por Bernucci *et al.* (2010), que estabelecem uma faixa de teor de projeto usualmente encontrada entre 3,5 e 4,5%. A RT foi avaliada por meio do ensaio de compressão diametral, de acordo com procedimentos descritos no método de ensaio DNER-ME 138/94 (DNER, 1994).

O ensaio de MR, por sua vez, é baseado na relação entre as tensões de tração aplicadas no CP a partir de cargas aplicadas no seu plano diametral vertical, que desenvolve deformações

recuperáveis. A relação entre a tensão de tração e as deformações recuperáveis é o MR, normalizado pela especificação DNIT-ME 135/10 (DNIT, 2010). A resistência ao Desgaste Cântabro (DC) é avaliada segundo a norma DNER-ME 383/99 (DNER, 1999), e consiste em submeter CPs a 300 revoluções sem carga abrasiva no tambor Los Angeles, a uma taxa de 30 a 33rpm, a temperatura de 25°C. Pesa-se o CP antes e depois do procedimento, tendo como resultado a porcentagem de massa perdida no processo. Segundo a DNER-ES 386/99 (DNER, 1999), para CPA, tal valor não deve ser superior a 25%. Na Europa, tal valor de referência é 20%, de acordo com Bernucci *et al.* (2010).

4. PRINCIPAIS RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Ensaios de Laboratório

Para a mistura do tipo CPA, foram realizados ensaios de: (i) Resistência à Tração (RT), (ii) Módulo de Resiliência (MR) e (iii) Desgaste Cântabro (DC). No que se refere às misturas de CA, foram realizados ensaios de: (i) Resistência à Tração (RT) e (ii) Módulo de Resiliência (MR). Para amostras de 3 CPs moldados em teor de ligante de projeto de 5,7%, quanto à RT por compressão diametral, a mistura do tipo CA, dosada segundo o método Marshall, obteve uma média de 1,25MPa, superior à faixa recomendada na DNER-ES 385/99 (DNER, 1999), que recomenda RT entre 0,70 e 1,20MPa. Já quanto ao MR, obteve-se uma média de 2.905MPa.

No caso do CPA, ensaios de RT foram realizados durante o procedimento de dosagem das misturas, uma vez que este é um dos parâmetros que devem obedecer a um valor mínimo de 0,55MPa. A média de RT foi de 0,61MPa em teor de 4% de ligante. No que se refere ao ensaio de MR para CPA, obteve-se uma média de 3.281MPa, valor superior ao citado no estudo conduzido por Motta *et al.* (2010), que considera usuais valores de MR inferiores a 2.000 MPa para CPA. A perda de massa no ensaio de DC foi 18,2%, inferior ao limite de 25%. A Tabela 2 resume os resultados de ensaios laboratoriais básicos para misturas do tipo CPA.

Tabela 2: Resultados dos Ensaios Realizados para CPA

Parâmetros de Análise	Resultado
Resistência à Tração (MPa)	0,61
Valor de referência (RT) (MPa)	> 0,55
Resultado (Ensaio de RT)	Satisfatório
Módulo de Resiliência (MPa)	3.281
Valores Típicos (MR) (Motta <i>et al.</i> , 2010), 2010) (MPa)	< 2.000
Resultado (Ensaio de MR)	Satisfatório
Perda no Ensaio de Desgaste Cântabro (%)	18,2
Valor Máximo (Ensaio de DC) (DNER-ES 386/99) (%)	25,0
Resultado (Ensaio de DC)	Satisfatório

4.2. Usinagem e Compactação

A usinagem das misturas ocorreu em uma usina contínua (*drum-mixer*), com capacidade de produção de 200 toneladas/hora. A mistura dos materiais ocorreu com a manutenção da temperatura em torno de 166°C para a mistura dos materiais, além da necessidade de introdução da cal no tambor da usina em um segundo momento, para que não ocorresse o entupimento dos filtros de manga. Prévias das massas (usinagem da massa em menor quantidade) foram produzidas, com amostras coletadas e levadas a laboratório para a verificação do teor de ligante (via equipamento Rotarex elétrico) e da composição granulométrica (peneiramento pós-extração). Uma vez que os parâmetros de controle estivessem de acordo com o projetado, as

misturas asfálticas foram usinadas na escala real e os veículos carregados para posterior execução em campo. A granulometria das amostras foi avaliada após a extração de betume. Ambas as misturas, CA e CPA, apresentaram granulometria, após a usinagem, de acordo com os limites estabelecidos nas especificações de norma (Faixa II para CPA e Faixa C para CA). Os resultados dos ensaios de granulometria para CPA, especificamente, podem ser observados na Figura 4. Observa-se que, o processo de usinagem ocorreu de forma eficiente, no que se refere à adequação da granulometria das misturas aos limites estabelecidos pelas respectivas normas.

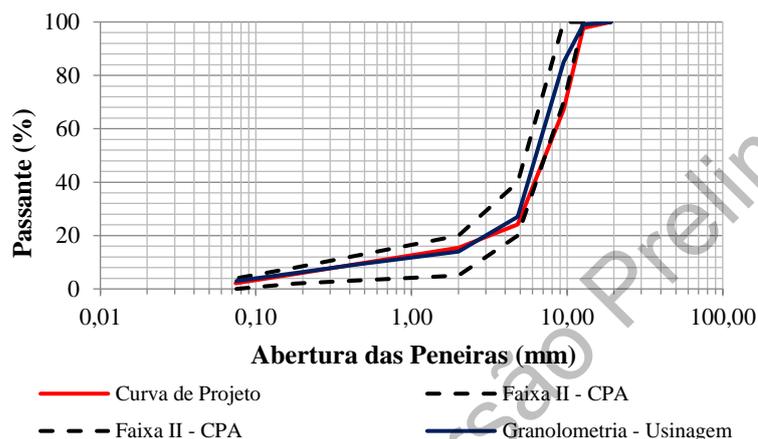


Figura 4: Granulometria de campo para CPA

Verificou-se que, em usina, o CA foi produzido com 5,6% de ligante (5,7% de projeto) e a CPA foi produzida com 3,8% de ligante (3,9% de projeto). Ambos os materiais foram usinados com teor de ligante praticamente similar ao projetado. O transporte da massa a campo se deu por meio de caminhões com balsa traseira, isoladas do ambiente externo por lonas, para melhor integridade da massa transportada, incluindo-se a temperatura. Em campo, a superfície preparada é o pavimento antigo fresado, nas condições expostas na Figura 5. Deve-se proceder à execução de uma pintura de ligação para garantir de adesão entre as camadas.

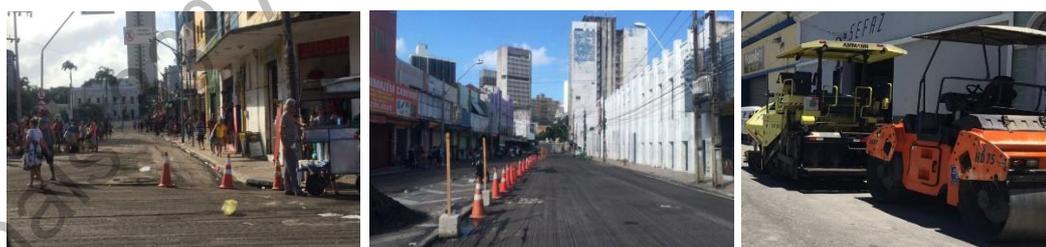


Figura 5: Pavimento antigo após a fresagem e rolos compactadores

A mistura asfáltica foi lançada a partir das básculas, preparando-se, por meio de vibroacabadora (Ammann AFW 500, 2014, 15.000 kg), a superfície para a passagem dos rolos compactadores. No caso da mistura asfáltica do tipo CA, foram utilizados rolos de chapa (Hamm HD75, 2010, 7.670 kg) e de pneus (Dynamac CP221, 2005, 8.300 kg), em 8 passadas de cada, e para a mistura do tipo CPA foi utilizado apenas o rolo de chapa (Hamm HD90, 2008, 9.190 kg). O rolo de pneus não foi utilizado na compactação da CPA em virtude do mencionado por Alvarez *et al.* (2008), que afirmam que a utilização desse tipo de rolo contribui para o fechamento dos poros e comprometimento da capacidade drenante do revestimento. Entre a camada de CA

(residual/fresada ou recém-executada) e de CPA é aplicada pintura de ligação com emulsão do tipo RR 2C. As camadas foram executadas com 3cm cada, totalizando-se 279,63 toneladas de massa asfáltica produzidas, aplicadas em um total de 3.406,5 m². A obra pós-execução é mostrada na Figura 6.



Figura 6: Aspecto da via após execução

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES TÉCNICAS

A utilização de tecnologias como o AMP e os revestimentos do tipo CPA não representa uma solução usual para meios urbanos no Brasil. Mais especificamente, na cidade de Fortaleza-CE, a prática comum, ao longo dos anos, era a sobreposição de camadas de misturas asfálticas como o CA, sem a devida fresagem do revestimento anterior, o que resultou na observação de vias em que a cota do revestimento supera a cota das calçadas, comprometendo o projeto geométrico da via e demais aplicações. Dessa forma, pensou-se na utilização de misturas asfálticas que possam contribuir para, progressivamente, se reduzir as espessuras das camadas de revestimento aplicadas na cidade. Para tanto, a utilização de um AMP para a produção de misturas asfálticas mais esbeltas foi considerada.

Este trabalho expõe o projeto dessas misturas, com os procedimentos de caracterização dos materiais, dosagem e avaliação em laboratório de amostras produzidas, por meio de ensaios mecânicos, bem como detalha os processos de usinagem e compactação das misturas em campo, destacando-se as particularidades dos processos relativos à CPA. Pode-se observar que a utilização do CAP Flexpave 55/75 para a produção de misturas asfálticas do tipo CPA resultou num teor de projeto de aproximadamente 4%, sendo inferior àquele encontrado para misturas convencionais, usualmente superiores a 5%. Isso significa que a utilização de CPA pode ser interessante, pela redução da quantidade de CAP necessária, bem como pela redução na espessura a ser executada em campo, apesar do maior custo para a aquisição de um AMP. Além disso, em vias com revestimentos de espessuras muito maiores, a CPA pode ser uma alternativa que dispensa a aplicação de outra mistura, sendo assentada num revestimento residual após a fresagem, aspecto a ser avaliado em estudos futuros.

Dentre as recomendações pós-execução a serem adotadas para as misturas executadas a partir deste estudo, cabe mencionar as mostradas no estudo conduzido por Alvarez *et al.* (2008), que incluem:

- Evitar ao máximo a chegada de material pulverulento (como areia) ao pavimento, uma vez que esses componentes podem comprometer a capacidade drenante da estrutura, pelo fechamento de poros. Países europeus, além do Japão, possuem procedimentos relacionados a ações de limpeza da superfície para esse tipo de material;
- Quando a camada perde a capacidade drenante, é comum que esta passe a ser tratada como um CA convencional, devendo-se reavaliar seu desempenho quanto a aspectos mecânicos e funcionais, e ponderar pela retirada ou não do revestimento;

- Em termos de recuperação, não é orientada a execução de um novo pavimento por cima da camada porosa, pela capacidade que ela teria de confinar umidade, gerando pressões na camada superior e comprometendo seu desempenho.

Agradecimentos

Os autores agradecem às agências CAPES e CNPq pelo apoio financeiro. Créditos também são devidos à Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF), à Insttate Engenharia Ltda. e ao Laboratório de Mecânica dos Pavimentos (LMP/UFC).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, A.E.; Martin, A.E.; Estakhri, C.K.; Button, J.W.; Kraus, Z.; Prapaitrakul, N.; Glover, C.J. (2008) *Evaluation and Recommended Improvements for Mix Design of Permeable Friction Courses*. Project 0-5262, College Station-TX, EUA.
- Bernucci, L.B., Motta, L.M.G., Soares, J.B., Ceratti, J.P. (2010) *Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros*. Petrobras-ABEDA, Rio de Janeiro-RJ.
- Bernucci et al. (2010) *POLI-USP/CCR NOVA DUTRA: Estudo da Sensibilidade do Teor e do Tipo de Ligante em Misturas Asfálticas na Formação de Trilhas de Roda*. RT-345/270710. São Paulo-SP.
- Motta, L.M.G et al. (2010) *COPPE-UFRJ/CCR NOVA DUTRA: Estudo comparativo do comportamento de fadiga de misturas betuminosas com diferentes teores de asfalto*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1994) *DNER-ME 117/94: Mistura betuminosa –determinação da densidade aparente*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1994) *DNER-ME 078/1994: Agregado graúdo – adesividade a ligante betuminoso*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1995) *DNER-ME 043/1995: Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1998) *DNER-ME 081/1998: Agregados - determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1999) *DNER-ME 383/1999: Desgaste por abrasão de misturas betuminosas com asfalto polímero – ensaio Cântabro*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1999) *DNER-ES 385/99: Pavimentação - concreto asfáltico com asfalto polímero*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM – DNER (1999) *DNER-ES 386/1999: Pavimentação – pré-misturado a quente com asfalto polímero – camada porosa de atrito*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT (2006) *DNIT-ES 31/2006. Pavimentos flexíveis - Concreto asfáltico*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT (2010) *DNIT-ME 135/2010: Pavimentação Asfáltica - Misturas Asfálticas - Determinação do Módulo de Resiliência*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT (2010) *DNIT-ME 136/2010: Pavimentos flexíveis - Misturas betuminosas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral*. Rio de Janeiro-RJ.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT (2011) *DNIT-EM 129/2011: Cimento Asfáltico de Petróleo Modificado por Polímero Elastomérico*. Rio de Janeiro-RJ.
- JORNAL O POVO (2010) <<http://blogs.opovo.com.br/pliniobortolotti/2010/08/04/asfalto-mais-alto-do-que-a-calcada-so-fortaleza-tem-na-av-santos-dumont/>> Acesso em Julho/2019.

Renan Santos Maia (renanmaia@det.ufc.br); **Carla Marília Cavalcante Alecrim** (cmariliac.civil@gmail.com); **Verônica Teixeira Franco Castelo Branco** (veronica@det.ufc.br). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes (PETRAN), Departamento de Engenharia de Transportes (DET), Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, s/n – Bloco 703 – CEP: 60440-554 – Fortaleza, Ceará, Brasil. **Victor Mosca de Carvalho Araujo** (victor.mosca@insttate.com.br); **Hamilton Santiago Reis Júnior** (hamilton@insttate.com.br). Insttate Engenharia Ltda, IV Anel Viário, Via De Ligação, 1300 - Distrito Industrial de Fortaleza III - CEP: 61931-030 - Maracanaú, Ceará, Brasil.