

AVALIAÇÃO DO EFEITO DE LIGANTES ASFÁLTICOS MODIFICADOS NA RESISTÊNCIA À DEFORMAÇÃO PERMANENTE DE MISTURAS ASFÁLTICAS DENSAS

Felipe Coutinho Onofre

Jorge Barbosa Soares

Departamento de Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, UFC

RESUMO

A deformação permanente nos revestimentos asfálticos é um problema comum em lugares de clima tropical. Apesar da resistência a este tipo de falha ser influenciada principalmente pelos agregados, o ligante asfáltico também desempenha importante impacto na mesma. A modificação de ligantes asfálticos é uma prática cada vez mais comum em vias de elevado volume de tráfego e tem como objetivo a melhoria das características reológicas dos ligantes, principalmente em temperaturas extremas. O objetivo principal deste trabalho é estudar o efeito de diversos ligantes asfálticos modificados na resistência à deformação permanente de misturas asfálticas densas e verificar quais propriedades reológicas destes ligantes asfálticos se correlacionam bem com as propriedades mecânicas monitoradas de misturas asfálticas. Além disso, objetiva-se verificar a influência do tipo de agregado na resistência à deformação permanente destas misturas asfálticas.

Palavras Chave

Misturas Asfálticas, Resistência à Deformação Permanente, Ligantes Asfálticos Modificados

1. INTRODUÇÃO

Os tipos de defeitos mais frequentes encontrados em pavimentos asfálticos são o trincamento por fadiga e a deformação permanente. No caso da deformação permanente, o defeito pode ser devido: (i) à consolidação das camadas ou (ii) a algum problema associado ao projeto e à execução da mistura asfáltica. O que agrava a situação é que este tipo de defeito costuma se manifestar de maneira precoce, comprometendo a serventia dos pavimentos em poucas semanas (Nascimento, 2008). A deformação permanente nos revestimentos asfálticos é caracterizada por depressões longitudinais nas trilhas de roda, as quais aumentam com a solicitação das cargas repetidas impostas pelo tráfego de veículos (Mahmoud e Bahia, 2004). Trata-se de um problema observado principalmente em lugares de clima tropical, onde a temperatura dos pavimentos asfálticos chega a ultrapassar 60°C, cenário não incomum no Brasil. Diante deste fato, percebe-se a importância de realizar pesquisas de forma a buscar tipos de materiais e combinações dos mesmos que retardem e/ou amenizem o defeito.

Numa avaliação qualitativa sabe-se que os agregados exercem maior influência na resistência à deformação permanente do que os ligantes, sendo que a FHWA chega a citar que os agregados respondem por 80% da responsabilidade de prevenir este tipo de defeito. Diversos trabalhos na literatura mostraram que as propriedades de agregados que mais influenciam na resistência à deformação permanente são: (i) angularidade, (ii) forma e (iii) textura. Stiady *et al.* (2002) e Sanders e Dukatz (1992) concluíram que agregados com maior angularidade (maior número de faces fraturadas) tendem a compor misturas com maior resistência à deformação permanente. Mahmoud e Bahia (2004) mostraram que agregados com textura mais rugosa geram misturas asfálticas com maior resistência à deformação permanente.

Em relação aos ligantes asfálticos, aqueles que tiverem maior consistência, ou seja, maior resistência à penetração ou *Performance Grade* (PG) mais elevado, tenderão a gerar misturas asfálticas mais resistentes com relação à deformação permanente. No entanto, a baixa influência do ligante asfáltico na resistência à deformação permanente é devida ao fato de que, com o aumento da temperatura, a consistência do ligante asfáltico diminui e, em temperaturas muito altas, independentemente da maior ou menor consistência, todo ligante asfáltico passa a apresentar comportamento predominantemente viscoso, que favorece a deformação permanente da mistura asfáltica. Goodrich (1991), afirmou que em altas temperaturas o comportamento da mistura deve ser predominantemente influenciada pelos agregados.

Muitos estudos abordaram a modificação de ligantes asfálticos com utilização de diversos tipos de aditivos. Essas modificações visam a melhoria de propriedades da mistura asfáltica tais como: (i) resistência à deformação permanente, (ii) resistência à fadiga, (iii) resistência ao trincamento térmico, (iv) resistência ao dano por umidade (melhoria da aderência na interface agregado-ligante), entre outras (Yildirim, 2005).

De acordo com Bates e Worch (1987), as principais características oferecidas por um ligante asfáltico modificado por polímero são o aumento dos seguintes parâmetros: recuperação elástica, ponto de amolecimento, viscosidade, força de coesão e ductibilidade. Os modificadores mais comumente utilizados no Brasil são: (i) Estireno Butadieno Estireno (SBS), (ii) Borracha de Butadieno Estireno (SBR), e (iii) borracha de pneu moído, porém outros modificadores como Etil Vinil Acetato (EVA), polietileno, Elvaloy e ácido polifosfórico também são objetos de interesse em pesquisas.

Há trabalhos internacionais que relacionam a reologia de ligantes e o desempenho das misturas asfálticas, sendo as próprias especificações Superpave de ligantes oriundas desta relação. No entanto, em âmbito nacional não há propriamente estudos amplos a respeito de como se dá esta relação entre propriedades reológicas dos ligantes asfálticos e propriedades mecânicas das misturas asfálticas, tratando-se dos materiais nacionais. Diante deste quadro, o objetivo principal desse trabalho é estudar o efeito de diversos ligantes asfálticos modificados na resistência à deformação permanente de misturas asfálticas densas e verificar quais propriedades reológicas destes ligantes asfálticos se correlacionam bem com as propriedades mecânicas monitoradas de misturas asfálticas. Além disso, objetiva-se verificar a influência do tipo de agregado na resistência à deformação permanente destas misturas asfálticas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica para esta pesquisa será focada em: (i) deformação permanente em misturas asfálticas e os principais mecanismos envolvidos, (ii) influência de agregados e ligantes asfálticos na resistência à deformação permanente de misturas asfálticas, (iii) comportamento químico e reológico de ligantes asfálticos modificados por diferentes tipos de polímeros e (iv) ensaios para a caracterização da deformação permanente em campo e em laboratório.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades a serem desenvolvidas na pesquisa foram divididas em três etapas. Na primeira etapa, será feita a caracterização dos materiais. Os agregados a serem utilizados na pesquisa são provenientes de dois estados brasileiros: Ceará e São Paulo, sendo os agregados cearenses do tipo granítico (pedreira de Itaitinga) e os agregados paulistas do tipo basáltico (pedreira Bandeirantes). Os agregados serão submetidos aos diversos tipos de ensaios de caracterização segundo o DNIT: granulometria, abrasão Los Angeles, densidade do agregado miúdo e graúdo, adesividade e índice de forma. Além disso, os agregados serão caracterizados utilizando o *Aggregate Image Measurement System* (AIMS) com relação à angularidade, forma e textura. Com essa caracterização, será possível conhecer separadamente as propriedades referidas de cada fração do agregado. Em seguida, haverá uma tentativa de verificar como essas propriedades influenciam a resistência à deformação permanente de misturas asfálticas.

Serão utilizados 14 ligantes nessa pesquisa: 2 ligantes não modificados (CAP Replan 50/70 e CAP Lubnor 50/70) e outros 12 ligantes asfálticos modificados por diferentes tipos de aditivos: Elvaloy, borracha de pneu moída, SBS, EVA, polietileno, SBR e ácido polifosfórico (ppa). As modificações serão feitas em laboratório a partir do CAP Replan 50/70 de modo a tornar todos os ligantes com PG 76-XX. Serão monitoradas as seguintes propriedades reológicas dos ligantes asfálticos: (i) penetração, (ii) ponto de amolecimento, (iii) viscosidade rotacional, (iv) módulo complexo, (v) ângulo de fase, (vi) compliância não recuperável e (vii) % de recuperação elástica.

Na segunda etapa, serão feitas as dosagens das misturas asfálticas, a preparação dos corpos-de-prova (CPs) e a realização dos ensaios mecânicos. As misturas asfálticas serão dosadas pelo método Superpave, num total de 17 misturas: (i) 13 contendo os agregados basálticos e (ii) 4 contendo os agregados graníticos. Estas misturas serão compostas pela mesma granulometria, utilizando os 14 ligantes mencionados, ou seja, 3 dos 14 ligantes serão utilizados tanto nas misturas com agregados graníticos quanto nas misturas com agregados basálticos. A seleção destes 3 ligantes asfálticos será feita após os ensaios mecânicos das 14 misturas com os agregados basálticos, dosadas inicialmente, para que possam ser escolhidos 3 ligantes asfálticos com efeitos distintos com relação à resistência à deformação permanente na mistura asfáltica. Para cada mistura, serão preparados 21 CPs: (i) 3 para ensaios de módulo de resiliência e resistência à tração, (ii) 12 para ensaios de vida de fadiga, (iii) 3 para ensaios de módulo dinâmico (MD) e (iv) 3 para ensaios de *creep* dinâmico. Durante o processo de compactação dos CPs, serão registradas as curvas de compactação dos mesmos para a obtenção das variáveis *Construction Densification Index* (CDI) e *Traffic Densification Index* Modificado (TDI_m). Essas variáveis fornecerão parâmetros de trabalhabilidade e resistência à deformação permanente das misturas.

Na terceira etapa, será feita a análise dos resultados. Para os resultados de cada ensaio mecânico, serão calculados a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação. Cada ensaio será analisado separadamente, porém alguns deles serão correlacionados, principalmente os de caracterização reológica dos ligantes asfálticos com os ensaios de deformação permanente. Os resultados encontrados para as temperaturas mais altas nos ensaios de MD e os resultados dos ensaios de *creep* dinâmico (*flow number*) serão

utilizados para avaliar a resistência à deformação permanente das misturas asfálticas. Esses resultados serão comparados e correlacionados com as propriedades reológicas dos ligantes. Serão comparados os resultados de misturas com a mesma granulometria, porém com tipos de ligantes distintos e também os resultados de misturas com granulometrias iguais e tipos de agregados distintos. Com isso será feita uma análise para saber se os ligantes asfálticos modificados exercem um diferencial considerável na resistência à deformação permanente quando comparada à variação do tipo de agregado. Será verificada, também, a qualidade da previsão do comportamento com relação à resistência à deformação permanente de misturas apenas com propriedades dos respectivos ligantes asfálticos. As propriedades de agregados como angularidade, forma e textura obtidas por meio do AIMS serão correlacionadas com a resistência à deformação permanente das misturas asfálticas.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que os resultados das análises feitas com misturas contendo ligantes asfálticos, agregados e granulometrias distintos demonstrem se há uma eficácia significativa da modificação dos ligantes asfálticos com relação à resistência à deformação permanente de misturas asfáltica. Espera-se que os resultados da caracterização reológica dos ligantes modificados forneçam parâmetros para a previsão da resistência à deformação permanente que possam ser correlacionados com resultados de ensaios de MD e *creep* dinâmico de misturas asfálticas. Também espera-se conhecer a sensibilidade de misturas asfálticas com relação à resistência à deformação permanente com ligantes asfálticos modificados ao serem alterados o tipo de agregado da mistura.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Estradas do Departamento de Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, pelo fornecimento dos ligantes asfálticos modificados, pela compactação de parte dos CPs empregados nos ensaios mecânicos, pela realização de parte dos ensaios mecânicos e pela caracterização reológica dos ligantes asfálticos modificados. Registra-se a coordenação destas atividades pelo Prof. Adalberto Faxina, parceiro neste trabalho. Ao CNPq pelo suporte financeiro na forma de bolsa de mestrado, à Lubnor/Petrobras e à Replan/Petrobras, pelo fornecimento dos ligantes asfálticos e às pedreiras de Itaitinga, CE, e Bandeirantes, de São Carlos, SP, pelo fornecimento dos agregados minerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, R.; WORCH, R. (1987) Styrene-Butadiene Rubber Latex Modified Asphalt. Engineering Brief No. 39. Federal Aviation Administration. Washington, DC.
- GOODRICH, J.L. (1991) Asphaltic Binder Rheology, Asphalt Concrete Rheology and Asphalt Concrete Mix Properties. Asphalt Paving Technology Journal, 80-120.
- MAHMOUD, A.F.F.; BAHIA, H. (2004) Using the Gyratory Compactor to Measure Mechanical Stability of Asphalt Mixtures, Wisconsin Highway Research Program. Projeto Número 0092-01-02.
- NASCIMENTO, L.A.H. (2008) Nova Abordagem da Dosagem de Misturas Asfálticas Densas com Uso do Compactador Giratório e Foco na Deformação Permanente. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.
- SANDERS, C.A., DUKATS, E.L. (1992) Evaluation of Percent Fracture of Hot-Mix Asphalt Gravels in Indiana. Effect of Aggregate and Mineral Filler on Asphalt Mixture Performance, R. C. Meininger, American Society for Testing and Materials, STP 1147. Philadelphia, PA.
- STIADY, J.; HAND, A.; WHITE, T. (2002) Quantifying Contributions of Aggregate Characteristics Using PURWheel Laboratory Tracking Device. In: Aggregate Contribution to Hot-Mix Asphalt Performance – ASTM STP 1412, 1-15, Orlando, Florida, EUA, Novembro.
- YILDIRIN, Y. (2005) Polymer Modified Asphalt Binders. Construction and Building Materials 21 (2005) 66-72.