O Fenômeno do Envelhecimento do Ligante Asfáltico

O ligante asfáltico é basicamente um hidrocarboneto composto por moléculas de hidrogênio e carbono. A fórmula exata do ligante asfáltico é muito variável, pois ele é um resíduo da produção do refino do petróleo cru e também depende do tipo de petróleo disponível no momento do refino. O betume como outras substâncias orgânicas é afetado pela presença de oxigênio, pela radiação ultravioleta e por variações de temperatura.

Envelhecimento de um ligante asfáltico pode ser definido como sendo o processo de endurecimento que este sofre durante a estocagem, usinagem, aplicação e em serviço, responsável pela alteração de suas características físicas, químicas e reológicas que causam um aumento na sua consistência.

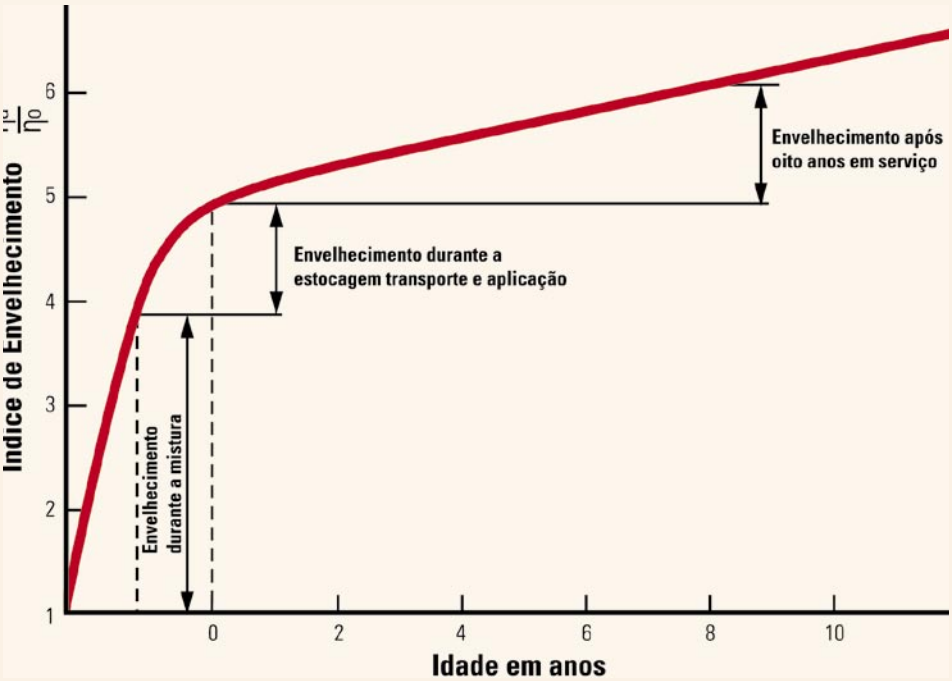
O ligante asfáltico é utilizado como material de pavimentação na Europa desde a metade do século XIX e nos Estados Unidos, desde o fim do mesmo século. O primeiro estudo sobre envelhecimento de ligante asfáltico foi realizado por A.W. Dow denominado Asphalt Experiments at Washington, no ano de 1903, este relatou que o aquecimento do ligante asfáltico reduzia o peso e a penetração do ligante asfáltico recuperado de misturas. Pesquisas mais amplas sobre o assunto começaram por volta de 1930.

Atualmente um dos grandes desafios da pavimentação a quente é reduzir o envelhecimento do ligante asfáltico durante todo o seu ciclo de aplicação. Como outras substâncias orgânicas, o ligante asfáltico oxida lentamente quando em contato com o ar. Os grupos polares oxigenados tendem a associar-se, formando micelas de alto peso molecular e graças a isso ocorre um aumento da viscosidade do ligante asfáltico. Estas transformações geradas resultam em moléculas maiores e mais complexas que fazem o ligante asfáltico endurecer e ficar menos flexível.

O grau de oxidação é altamente dependente da temperatura, superfície e tempo de exposição e da espessura da película de ligante asfáltico. A taxa de oxidação dobra a cada 10º C de aumento na temperatura do ligante acima dos 100º C.

O endurecimento devido à oxidação há algum tempo vem sendo considerado a principal causa de envelhecimento do ligante asfáltico. A oxidação, juntamente com os fatores que governam a velocidade da reação e seus eventuais efeitos, é de importância crítica para a qualidade do ligante asfáltico e para o sucesso do produtor da mistura asfáltica. A Figura extraída do Shell Bitumen Handbook evidencia de maneira clara a gravidade do fenômeno. Na Figura, o Índice de Envelhecimento é representado pela razão $\eta a/\eta o$, onde ηa representa a viscosidade em uma dada condição de envelhecimento e ηo, representa a viscosidade inicial do ligante asfáltico.

Segundo esta Figura, o envelhecimento do ligante asfáltico do revestimento ocorre em três etapas: a primeira, de maior impacto, se dá quando da usinagem da mistura asfáltica e representa cerca de 60% do envelhecimento total sofrido pelo ligante; a segunda se dá durante a estocagem (comum em usinas americanas de grande porte, mas não no Brasil), transporte, espalhamento e compactação, representando cerca de 20% do envelhecimento total sofrido pelo ligante; na terceira etapa, o envelhecimento ocorre durante a vida útil do revestimento e se dá devido à ação do meio ambiente e representa cerca de 20% do envelhecimento total sofrido pelo ligante. Embora não ilustrado na Figura, há que se ressaltar que a primeira alteração propriamente dita da estrutura química do ligante asfáltico após a sua produção pode ocorrer já durante a sua estocagem, mas em menor grau, pois a



Envelhecimento do ligante asfáltico nas etapas de construção e de utilização do pavimento (WHITEOAK, 1990).

superfície exposta ao ar no tanque é pequena em relação a massa total do produto.

De acordo com a Figura, verifica-se que cerca de 80% do envelhecimento total sofrido pelo ligante asfáltico durante toda a vida útil de um revestimento ocorre durante a usinagem e aplicação da mistura asfáltica, o que vem a enfatizar o apurado controle e cuidados técnicos que se deve ter com as temperaturas de industrialização das misturas.

Fisicamente, o envelhecimento de um ligante asfáltico é representado pelo aumento de sua consistência e se apresenta, de uma forma geral, como um aumento de viscosidade associado à uma diminuição da penetração e aumento do ponto de amolecimento, com perda de suas características aglutinantes. Esse aumento de consistência influencia o comportamento físico e reológico do ligante asfáltico, deixando-o mais duro e, por conseguinte, mais quebradiço, menos dúctil e menos elástico.

De acordo com WHITEOAK (1990), quatro são os mecanismos principais responsáveis pelo envelhecimento do ligante asfáltico:

- Oxidação: como outras substâncias orgânicas, o ligante asfáltico oxida lentamente quando em contato com o ar. Durante o processo de usinagem, a presença de oxigênio, a grande superfície específica dos agregados e as altas temperaturas dentro do pug-mill ou dentro do tambor-secador-misturador propiciam a oxidação;

- Perda de voláteis, a evaporação de componentes voláteis depende também da temperatura e da condição de exposição. Esta perda pode ser considerada baixa em ligantes asfálticos puros tendo em vista que estes têm baixos teores de voláteis;

- Endurecimento físico ocorre à temperatura ambiente e é atribuído à reordenação de moléculas e a cristalização de parafinas. Este é um fenômeno reversível;

- Endurecimento exsudativo resulta do movimento dos componentes oleosos que exsudam do ligante asfáltico para dentro do agregado mineral. Esta é uma função tanto da tendência de exsudação do ligante como da porosidade do agregado.

Enquanto o mecanismo de envelhecimento do ligante e da mistura é complexo, seu impacto sobre o desempenho do pavimento é geralmente compreendido. Como o ligante asfáltico envelhece, isto resulta em um aumento da rigidez deste ligante e, conseqüentemente, da mistura asfáltica. Este efeito tende a aumentar a resistência à formação das trilhas de roda da mistura e pode ser considerado como um efeito benéfico do envelhecimento. Por outro lado, o envelhecimento pode resultar no desenvolvimento e/ou aceleração de vários tipos de problemas, tais como trincamento e fratura por fadiga, trinca térmica e deterioração devido ao desgaste e à umidade, esforços que podem levar à falência da estrutura do pavimento.

Um aumento da consistência do ligante asfáltico até determinados níveis é uma ocorrência inerente ao comportamento do ligante asfáltico. No entanto, um aumento exagerado desta consistência, principalmente em condições de tráfego pesado, pode diminuir significativamente a vida útil do revestimento. A previsibilidade do aumento desta consistência é um desafio aos técnicos rodoviários. Na próxima edição do nosso jornal enveredaremos sobre as duas fases do envelhecimento de um ligante asfáltico: envelhecimento de curto prazo, devido à usinagem da mistura asfáltica, seu espalhamento e até o término da sua compactação; e, envelhecimento de longo prazo, que ocorre durante a vida útil do revestimento.

Este texto faz parte da Dissertação de Mestrado do Eng° Armando Morilha Junior, intitulada "Estudo sobre a Ação de Modificadores no Envelhecimento dos Ligantes Asfálticos e nas Propriedades Mecânicas e de Fadiga das Misturas Asfálticas", defendida em maio de 2004 na Universidade Federal de Santa Catarina, sob orientação do prof. Glicério Trichês. Interessados na obtenção do trabalho solicitar por e-mail: tecnologia@grecaasfaltos.com.br.

Referências Bibliográficas:

BELL, C.A., WIEDER, A.J. & FELLIN, M.J., 1994, Laboratory Aging of Asphalt-aggregate Mixtures: Field Validation. *Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington-DC.*

BROCK, J.D., 1996, Boletín Técnico T – 103 S – Oxidación Del Asfalto. *Astec Industries, Inc, EUA.*

LEITE, L.F.M., 1999, Estudos de Preparo e Caracterização de Asfaltos Modificados por Polímero. *Tese de Doutorado, UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.*

MIRZA, M. W. & WITCZAK, M.W., 1995, Development of a Global Aging System for Short and Long Term Aging of Asphalt Cements, Proceedings, *Association of Asphalt Paving Technologists, AAPT, vol. 64, vol. 74 pg. 393-430.*

PINTO, S., 1991, Estudo do Comportamento à Fadiga de Misturas Betuminosas e Aplicação na Avaliação Estrutural de Pavimentos. *Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.*

TONIAL, I.A., 2001, Influência do Envelhecimento do Revestimento Asfáltico na Vida de Fadiga de Pavimentos. *Tese de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ.*

WHITEOAK, D., 1990, SHELL Bitumen Handbook. *SHELL, Inglaterra.*