

ESTABILIDADE À ESTOCAGEM DE CAP 50/70 MODIFICADO COM POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE RECICLADO¹

*Johnny Gilberto Moraes Coelho²
José Antônio da Silva Souza³
Carmen Gilda Barroso Tavares Dias⁴*

Resumo

Neste trabalho, o ligante asfáltico utilizado foi o CAP 50/70 (80% p/p), acrescido com polietileno de alta densidade reciclado 20% p/p. Para análise de estabilidade à estocagem, as amostras foram armazenadas em um cilindro de alumínio nas dimensões 23 mm de diâmetro e 108,12 mm de altura a 180°C por 24 horas e 48 horas. Em seguida foi feita a reologia de ligante e ligante modificado da parte superior e inferior das amostras após 24 horas, o reometro utilizado foi do tipo Haake RS6000, placa/placa, *gap* de 15 mm, módulo complexo (G^*) e ângulo de fase (δ) a varredura de frequência de 0,01 Hz-100 Hz a 120°C. Os resultados indicam o ganho de rigidez do material nas isoterms analisadas, devido um aumento da elasticidade durante a varredura de frequência de amostras colhidas no fundo do recipiente.

Palavras-chave: Reologia; Ligante modificado; Módulo complexo.

STORAGE-STABILITY AT CAP 50/70 MODIFIED WITH RECYCLED HIGH DENSITY POLYETHYLENE

Abstract

In this work the asphalt binder was used CAP 50/70 (80% w/w), together with recycled high density polyethylene 20% w/w. For stability on storage, the samples were stored in a cylinder of aluminum 23 mm in size and 108.12 mm diameter high at 180°C for 24 hours to 48 hours. It was then made the rheology of the binder and the binder modified top and bottom of the samples after 24 hours and 48 hours, the rheometer was used type Haake RS6000, plate/plate gap of 15 mm, complex modulus (G^*) and the phase angle (δ) scan frequency of 0.01 Hz to 100 Hz at 120°C. The results indicate the stiffness of the material gain in the isotherms analyzed, due to an increase in elasticity during the scanning frequency of samples taken at the bottom of the container.

Key words: Rheology; Ligand modified; Complex modulus.

¹ *Contribuição técnica ao 67º Congresso ABM - Internacional, 31 de julho a 3 de agosto de 2012, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.*

² *Eng. Civil. Mestrando em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil; johnny@ufpa.com.*

³ *Eng. Químico. Professor da Faculdade de Engenharia Civil, UFPA, Brasil; joao@ufpa.br.*

⁴ *Eng. Química. Professora do Mestrado em Engenharia Mecânica, UFPA, Brasil; cgbrtd@ufpa.br.*

1 INTRODUÇÃO

O uso de asfaltos modificados por polímeros são uma ótima opção para a melhoria do desempenho dos pavimentos e vem sendo amplamente utilizado.

Quando falamos de aproveitamento de resíduos, a tendência é reaproveitar materiais que levam anos para deteriorar. Segundo Al-Hadidy e Tan,⁽¹⁾ a aplicação desse tipo de materiais utilizados em pavimentação em mistura, por exemplo, com outros materiais tipo seixo, areia, materiais pétreos, cimentos, são comuns. Entre eles temos alguns termoplásticos pós-consumo, elastômeros e entulhos de obras, na substituição ou composição dos materiais de pavimentação.⁽²⁾

Os termoplásticos mais conhecidos e utilizados são: polietileno de baixa densidade (PEBD), polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno (PP), poliestireno (PS). Fissuras por fadiga ocorrem durante toda a vida útil do pavimento e normalmente resulta em severos danos a estrutura do mesmo. As fissuras térmicas são causadas pela exposição do pavimento a um simples ciclo de temperatura onde a temperatura atinge a temperatura mínima crítica ou a diversos ciclos em que a temperatura inferior é superior a temperatura mínima crítica, ocorrendo normalmente em direção perpendicular ao tráfego. Em Liang e Hesp,⁽³⁾ asfaltos modificados com termoplásticos apresentam longa estabilidade durante o armazenamento sob elevadas temperaturas.

O objetivo deste trabalho é estudar as propriedades reológicas de asfalto e de asfalto modificado durante a fase de estocagem a 120°C.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O ligante asfáltico utilizado foi o CAP 50/70 (A) produzido pela Petrobras (Lubnor);⁽⁴⁾ modificado com polietileno de alta densidade (P), passante na peneira de malha quadrada nº 80.

O ligante asfáltico foi aquecido a 180°C e depois foi inserido o polietileno de alta densidade pós-consumo (P) passante em peneira de malha nº 100, obteve-se o composto A/P (dosagem 80/20), a mistura foi feita manualmente.

A ordem de adição dos componentes pode alterar a qualidade do produto final, portanto adotou-se a mesma sequência de adição dos componentes nas quantidades estabelecidas para este trabalho tanto para composto de A/P.

Em seguida foi feita a reologia de ligante e ligante modificado da parte superior e inferior das amostras estocadas em um tubo de alumínio (com 23 mm de diâmetro e 108,12 mm de altura) após 24 horas e 48 horas para teste de estabilidade à estocagem. O reômetro utilizado foi do tipo Haake RS6000, placa/placa, *gap* de 15 mm, foram obtidos resultados referente ao módulo complexo (G^*) e ângulo de fase (δ) em varredura de frequência de 0,01 Hz-100 Hz a 120°C.

O módulo complexo é definido como a razão entre a tensão máxima (de cisalhamento) para máxima deformação, fornecendo uma medida da resistência total à deformação quando o asfalto é submetido a uma carga de cisalhamento.

O ângulo de fase, definido acima como a diferença de fase entre tensão e deformação em um teste oscilatório, é uma medida do equilíbrio do comportamento viscoelástico de materiais. Se δ é igual a 90°, o material betuminoso pode ser considerado puramente viscoso na natureza, enquanto que 0° corresponde a um comportamento puramente elástico. Entre esses dois extremos do comportamento do material podem ser considerados viscoelásticos na natureza com uma combinação de respostas viscosa e elástica. Um alto valor do módulo complexo

representará maior rigidez enquanto que um menor ângulo de fase representará uma maior resposta elástica.

Para ensaio de reologia foram feitas dosagens como mostra a Tabela 1, tem-se a proporção de A e P.

Tabela 1. Dosagens para ensaio de reologia em porcentagem de material (%)

%	R1	R2
A	100	80
P	-	20

Os índices de estabilidade a estocagem (Is) foram calculados através da Equação 1.

$$I_s = \log [G^*(\text{fundo})/G^*(\text{topo})] \quad (1)$$

Onde Is é definido como o índice de separação, G* (fundo) é o módulo complexo da parte inferior da amostra estocada e G* do topo é o módulo complexo da parte superior. Valores de Is iguais ou próximos de zero indicam uma pequena tendência à separação de fases durante a estocagem.⁽⁵⁾

3 RESULTADOS E DICUSSÃO

As curvas de deformação e tempo de segundo em segundo foram obtidas de acordo com a Figura 1.

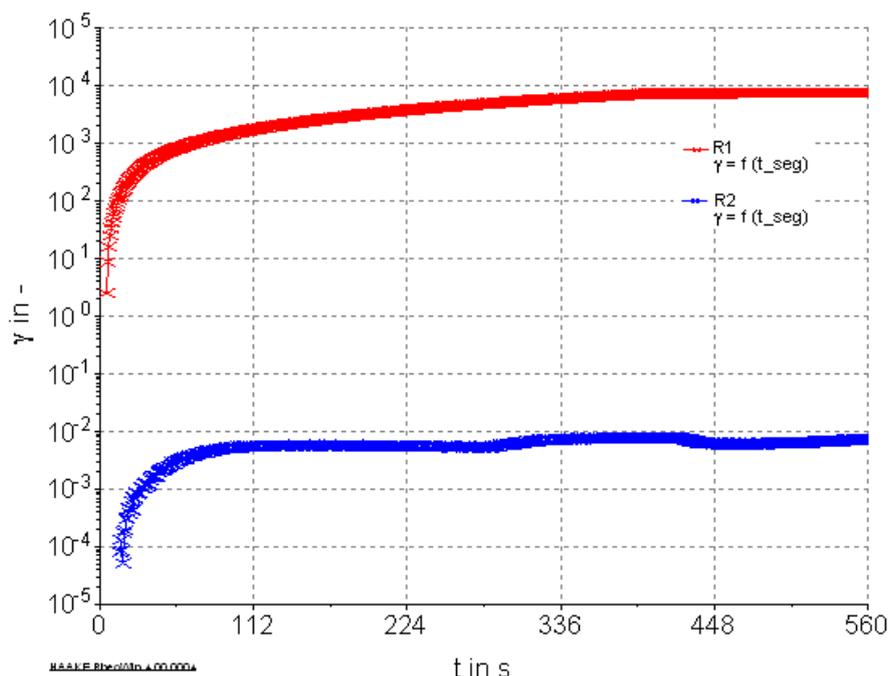


Figura 1. Deformação de A e A/P até 400 segundos, a 120°C.

As curvas do módulo de rigidez e do ângulo de fase foram obtidas de acordo com o modelo matemático lei das potências para facilitar a avaliação dos dados obtidos.

Na Figura 2, estão os resultados do módulo de rigidez de amostra A/P após 24 horas. No geral, o módulo de rigidez do fundo praticamente constante e um leve acréscimo no módulo de rigidez do topo. Igualou-se a amostras do topo a aproximadamente 50 Hz.

Observa-se que ocorreu separação de fases para a amostra de asfalto e A/P de 10^{-1} Hz a 10^1 Hz (Figura 2), uma vez que as fases topo e fundo diferiram em suas propriedades reológicas, provavelmente devido ao fato de a fase do topo estar mais rica em polímero e a fase do fundo podendo estar mais rica em asfaltenos.

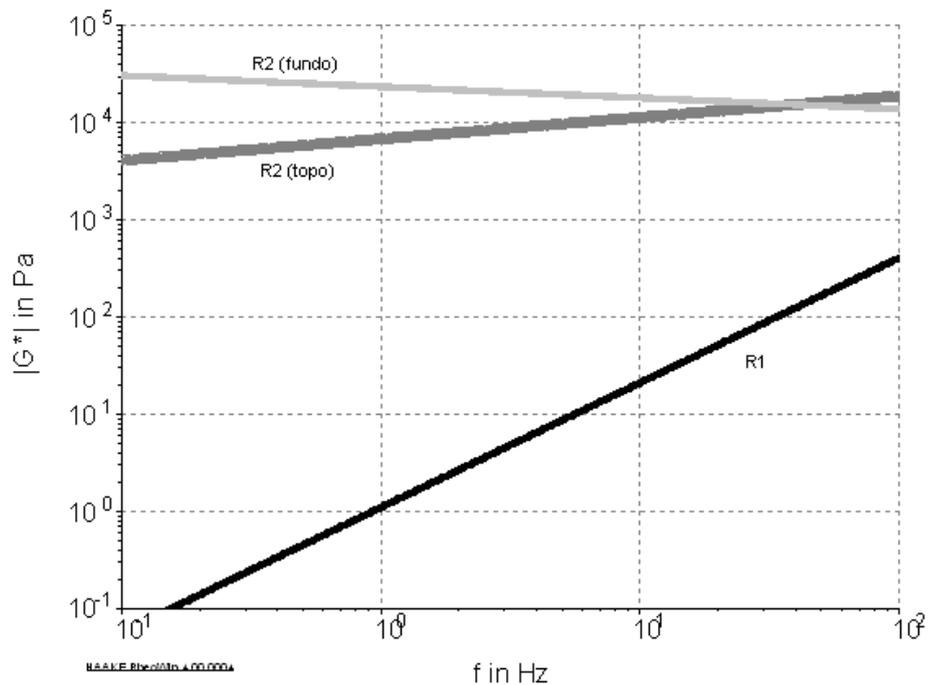


Figura 2. Módulo de rigidez de A e A/P após 24 horas a 120°C.

Na Figura 3, estão os resultados do ângulo de fase de A/P após 24 horas, em aproximadamente 2 Hz o topo e o fundo se igualam em frequência, esta que pode ser de processamento. As amostras do fundo apresentaram um comportamento mais elástico a partir de 2 Hz comparado com as amostras do topo.

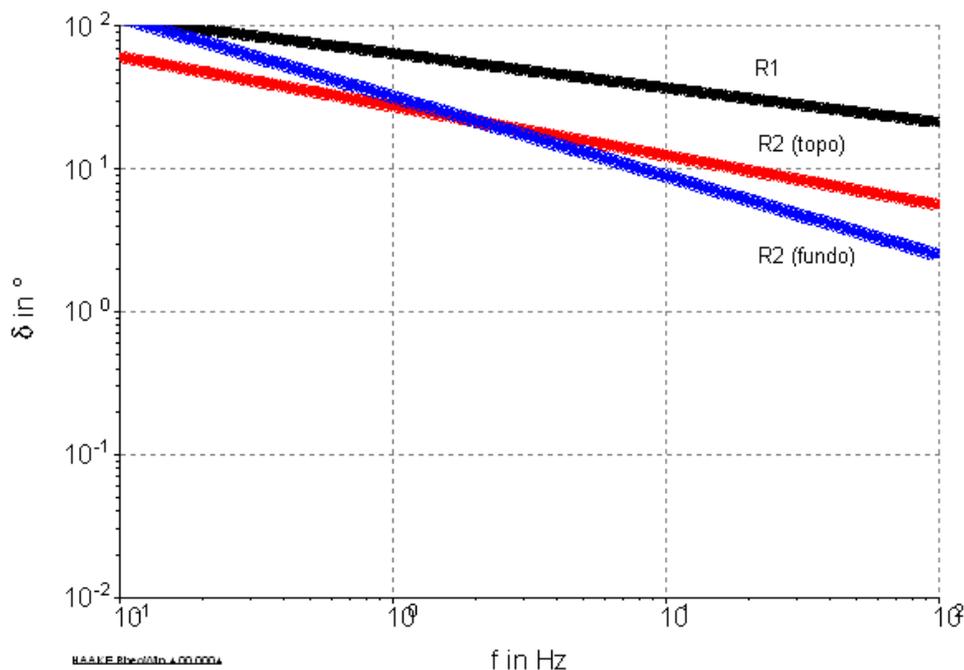


Figura 3. Ângulo de fase de A e A/P após 24 horas a 120°C.

Na Figura 4 os módulos de rigidez das amostras A/P testadas após 48 horas. Nas amostras do fundo, houve um acréscimo da rigidez e igualou-se a amostras do topo a aproximadamente 12 Hz. Devido o tempo de precipitação ser maior à temperatura constante, os módulos complexos das fases do topo e do fundo diferiram consideravelmente após o processo de estocagem.

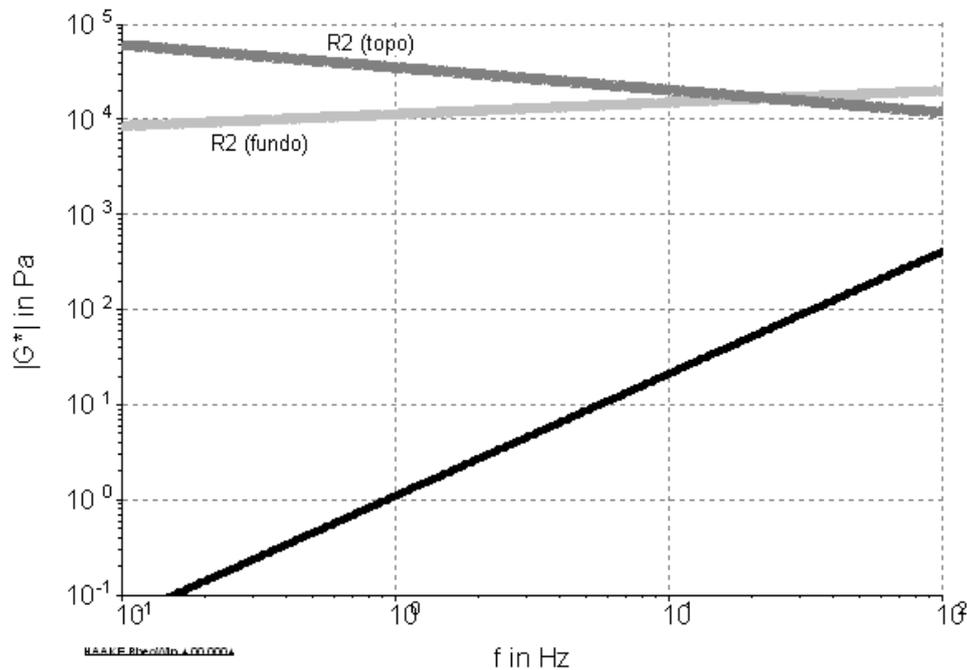


Figura 4. Módulo de rigidez de A e A/P após 48 horas a 120°C.

Na Figura 5, os resultados de ângulo de fase de A/P após 48 horas, todas as amostras testadas a 120°C, podemos observar a inversão de ângulos de fase a partir de 10 Hz, caracterizando um comportamento mais elástico em amostras do fundo do tubo de alumínio retirado após 48 horas.

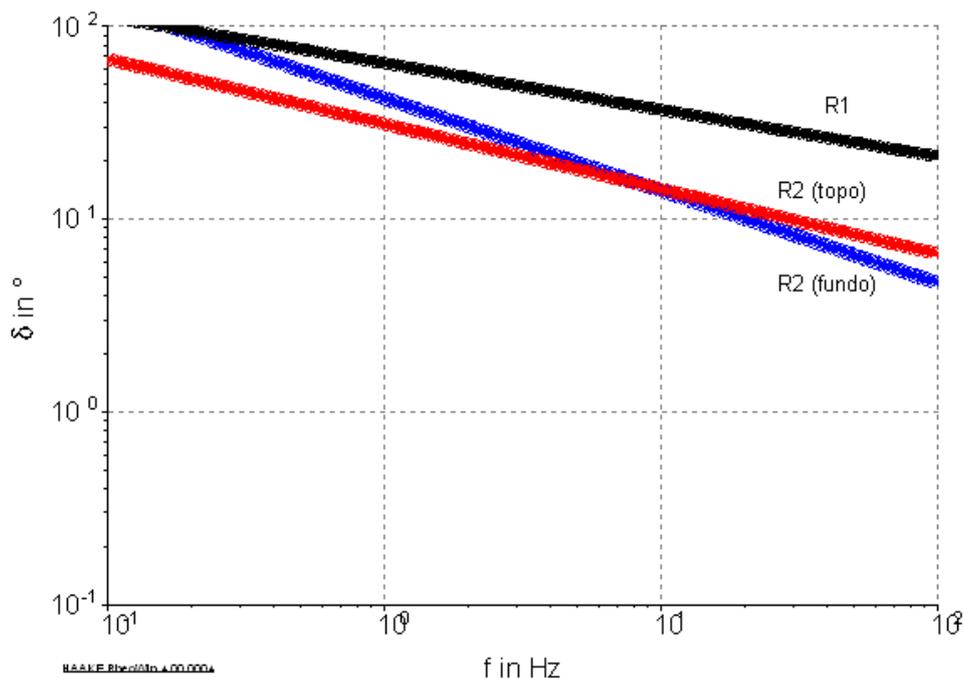


Figura 5. Ângulo de fase de A e A/P após 48 horas a 120°C.

Na Tabela 2 estão representados os resultados de estabilidade a estocagem, calculado a partir do índice I_s . Os aditivos incorporados (A/P) atuaram como potenciais compatibilizantes para as misturas após 48 horas.

Tabela 2. Estabilidade de estocagem de A modificado com P

Amostra	G* (Pa) após 24 horas a 120°C		I_s	Amostra	G* (Pa) após 48 horas a 120°C		I_s
	Topo	Fundo			Topo	Fundo	
A/P	27651,21	12.305,53	-0,35161	A/P	38958	19960,77	-0,29042

4 CONCLUSÃO

As propriedades reológicas do ligante asfáltico foram melhoradas após adição de P, observando-se um aumento do módulo complexo e uma diminuição do ângulo de fase (aumento da elasticidade) a frequências mais baixas após 24 horas, o que aumenta a resistência à deformação permanente, especialmente, quando o ligante for utilizado em climas quentes, como no norte brasileiro.

O composto B de amostras analisadas após 24 horas, ficou mais disperso no ligante durante o processo de estocagem a uma frequência de 10 Hz, auxiliando em uma excelente propriedade de compatibilização no teor utilizado. O composto P quando misturado no ligante asfáltico, possuem excelente propriedades de estocagem a baixa e média frequência a 24 horas.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq e Capes pelo incentivo a pesquisa. Aqueles que trabalham no laboratório de ecompositos da Engenharia Mecânica da UFPA.

REFERÊNCIAS

- 1 AL-HADIDY, A.I.; TAN, Y. Mechanistic analysis of ST and SBS-modified flexible pavements. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 08, p. 2941 – 2950, 2009.
- 2 AL-HADIDY, A.I.; -QIU, T.Y. Effect of polyethylene on life of flexible pavements. *Construction and Building Materials*, v. 23, n. 03, p. 1456 – 1464, 2008.
- 3 LIANG, Z.; HESP, S. A .M. In situ steric stabilization of polyethylene emulsions in asphalt binders for hot-mix pavement applications. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v. 81, n. 13, p. 239 - 250, 1993.
- 4 COELHO, J. G. M. “Estudo da mistura betuminosa para a pavimentação do aeroporto de Conceição do Araguaia no estado do Pará”, IN: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 4., 2009, Belém, Pará.
- 5 ISACSSON, U.; LU, X., Characterization of bitumens modified with SEBS, EVA and EBA polymers. *Journal of Materials Science*, v. 34, n. 15, p. 3737 – 3745, 1999.