



CARACTERIZAÇÃO DE CIMENTO ASFÁLTICO DE PETRÓLEO BRASILEIRO MODIFICADO POR BORRACHA DE PNEU MOÍDO DE RENOVADORAS

Expedito F. Santos¹, Genauro M. Silva¹, Judith P. A. Feitosa¹, Jorge B. Soares² Leni F. M. Leite³

¹ Departamento de Química Orgânica e Inorgânica - UFC – expeditoflavio@uol.com.br, Judith@dqoi.ufc.br,

² Departamento de Engenharia de Transporte, ³ Centro de Pesquisa da Petrobrás – CENPES

Characterization of asphalt binder from brazilian petroleum modified by crumb rubber from renovating.

The CAP from Fazenda Alegre, Es, presented high asphaltenes and low aromatics content. The aging of CAP was realized through RTFOT simulation and the alterations analyzed by GPC which showed an increase of the pick in the high molar weight region with the oxidation time. It was prepared formulations of CAP modified with 2, 5, 8, 12, 17, 22 % of BPM in the presence and in the absence of AR75 (10%). The experimental assays indicated the decrease of the penetration and the increase of the resilience, softening point, viscosity with the BPM content. The presence of AR75 change the final properties of the modified CAP. The recommendations of LandStar Polymer The Asphalt, Inc. 2001, indicate that the CAP modified by 17% of BPM in the presence of AR75 follows the technical patterns.

Introdução

A Universidade Federal do Ceará, em parceria com a LUBNOR-PETROBRAS e o CENPES está desenvolvendo um novo produto que recicla borracha de pneu moído (BPM) como agente modificador de cimento asfáltico de petróleo (CAP) brasileiro, cujas características se equivalem ao CAP venezuelano, reconhecidamente um dos melhores do mundo.

Esta iniciativa está em sintonia com a resolução N° 258 do CONAMA de agosto de 1999, que obriga os fabricantes a recolher 100% dos pneus colocados no mercado a partir de 2004.

O CAP é um material formado por quatro frações básicas ⁽¹⁾: saturados, asfaltenos, resinas e aromáticos, cuja composição varia muito. Eles podem ser classificados como de alto teor de aromáticos e baixo teor de asfaltenos ou o inverso ⁽²⁾.

O grau de interação CAP/BPM ocorre de duas formas: pela migração da fração aromática do CAP para a BPM ⁽³⁾ ou pela solubilização da BPM no CAP, após a sua devulcanização ⁽⁴⁾. A intensidade de cada processo depende das condições de incorporação. Neste caso a modificação do CAP foi feita em baixa cura ⁽⁴⁾, no qual predomina um inchamento da BPM.

O objetivo deste trabalho é a obtenção de um CAP modificado por BPM que atenda aos padrões técnicos recomendados pela *LandStar Polymer Asphalt, Inc. 2001*.

Experimental

Cimento asfáltico de petróleo: CAP50/60 da Fazenda Alegre, ES. Fornecido pela *LUBNOR*, Fortaleza, Ce.

Agente asfáltico de reciclagem: AR75 (diluente) Fornecido pela *LUBNOR*, Fortaleza, Ce.

Borracha de pneu moído: Fornecido pela *Renovadora de Pneus Matos*, Fortaleza, Ce. Granulometria: < 30 mesh.

Formulações: CAP contendo 2, 5, 8, 12, 17 e 22 % de BPM em presença e ausência de 10 % AR75.

Condições: 170 °C, 300 rpm, 1 h, baixa cura ⁽⁴⁾.

Aparatos: Motor Viatex, modelo VS 330, manta aquecedora da Quimis, modelo Q-321A26.

Ensaio SARA: IATROSCAN/FID

RTFOT: ASTM D 2872, estufa Despatch.

Penetração: ASTM D5, penetrômetro Solotest.

Resiliência: ASTM D5329, penetrômetro Solotest.

Ponto de amolecimento: ASTM D36, ISL RB 36.

Viscosidade: ASTM: D 4402, Brookfield RVDV –II+.

GPC: Shimadzu RID 6A, pré-coluna Phenomenex 50x7,8 mm e duas colunas de 300x780 mm, em tolueno.

Resultados e Discussão

Caracterização do CAP

A composição SARA e a reologia do CAP foram determinadas com o objetivo de relacioná-las com as alterações ocorridas após a sua modificação. A Tabela 1 apresenta a composição do CAP. Ele apresenta alto teor de asfaltenos e baixo teor de aromáticos. Além disso, verifica-se uma quantidade significativa de saturados.

Tabela 1. Composição do CAP 50/60 da Fazenda Alegre

Saturado	Aromático	Resina	Asfalteno
15 %	47 %	21 %	18 %

A Tabela 2 mostra a viscosidade do CAP em diferentes temperaturas. Observa-se um aumento da viscosidade com o inverso da temperatura. O CAP é pseudo-plástico em 120 e 135°C. A partir de 150°C é fluido newtoniano.

Tabela 2. Viscosidade do CAP 50/60. Cisalhamento: 10 s⁻¹.

Temp (°C)	120	135	150	175	190
(cP)	1250	692	247	117	75

O envelhecimento do CAP foi feito pelo sistema RTFOT que simula os efeitos causados pela oxidação e perda de massa.

A Figura 1 mostra cromatogramas do CAP submetido a oxidação durante um período de 0 a 3,3 horas. Observa-se um aumento da área do pico na região de mais alta massa molar, provavelmente devido a volatilização de frações leves. O ensaio indicou uma perda de massa de 0,08 % para o CAP após o envelhecimento. O aumento de massa molar também pode ser decorrente da formação de moléculas maiores tendo o oxigênio como agente reticulante.

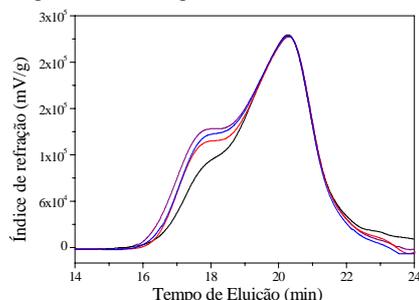


Figura 1. Cromatogramas de CAP submetido a envelhecimento. Tempo: 0 min (—), 25 min (—), 100 min (—), 200 min (—).

Caracterização do CAP modificado

A caracterização do CAP modificado foi feita por ensaios de penetração, resiliência, ponto de amolecimento e viscosidade. A Tabela 3 apresenta as medidas obtidas para as formulações CAP/BPM.

Tabela 3. Valores obtidos para as formulações CAP/BPM.

Teor de BPM (%)	Penetração (dmm)	Ponto de amolecimento (°C)	Resiliência (%)
0	60,4	51,4	14,0
2	56,8	57,1	18,0
5	49,2	57,7	28,0
8	45,4	64,2	37,7
12	40,9	66,9	47,3
17	34,9	71,7	50,4
22	38,9	85,7	57,2

Pode ser observado um decréscimo na penetração e aumento no ponto de amolecimento e na resiliência. A migração da fração aromática do CAP para a BPM na mistura feita em baixa cura, acarreta um aumento no teor de asfaltenos, a fração mais pesada do CAP. O aumento na elasticidade pode ser atribuído a presença da BPM.

A Tabela 4 apresenta as medidas obtidas para o CAP modificado pela BPM em presença de AR75. Observa-se inicialmente um aumento na penetração do CAP devido ao AR75. Nas formulações CAP/BPM/AR75, verifica-se diminuição na penetração e aumento no ponto de

amolecimento e na resiliência. A presença do AR75 aumenta a interação CAP/BPM, funcionando como diluente para os asfaltenos. Também, o AR75 diminui o teor de asfaltenos na formulação. Estes fatores são refletidos nas variações observadas entre as formulações CAP/BPM e CAP/BPM/AR75.

Tabela 4. Medidas físicas do CAP modificado por BPM e AR75.

Teor de BPM (%)	Penetração (dmm)	Ponto de amolecimento (°C)	Resiliência (%)
0	76,8	48,4	20,6
2	68,2	50,2	21,8
5	64,2	51,8	27,2
8	59,5	55,8	33,8
12	55,2	57,8	39,8
17	49,7	70,7	54,2
22	46,3	81,4	59,0

A Tabela 5 apresenta o estudo do comportamento reológico do CAP e do CAP modificado em 175°C. Pode-se constatar um aumento significativo da viscosidade do CAP modificado com o teor de BPM. O AR75 diminui a viscosidade até um teor de BPM de 12 %. Em 17 e 22 %, as formulações contendo AR75 apresentam maior viscosidade. A grande quantidade de BPM e o AR75 favorecem uma maior interação CAP/BPM, resultando no aumento do teor de asfaltenos no produto final.

Tabela 5. Análise reológica do CAP e do CAP modificado.

BPM (%)	0	2	5	8	12	17	22
CAP/BPM η (cP)	96	158	267	458	1367	2450	10400
CAP/BPM/AR75 η (cP)	87	108	133	308	450	3125	17150

Conclusões

O CAP em estudo tem alto teor de asfaltenos e baixo teor de aromáticos. A oxidação pelo sistema RTFOT ocasionou um aumento da fração de alta massa molar do CAP. Viscosidade, ponto de amolecimento e resiliência do CAP modificado aumentaram com o teor de BPM, enquanto que a penetração diminuiu. A incorporação de AR75 melhora a interação do CAP/BPM e influencia as propriedades do produto final. Baseado nas recomendações da *LandStar Polymer Asphalt, Inc. 2001*, o CAP modificado com 17 % de BPM em presença de AR75 atende os padrões exigidos pela referida norma.

Agradecimentos

ANP: bolsa concedida e LUBNOR: suporte técnico.

Referências Bibliográficas

- L. W. CORBETT, *Transponation Research Record* 999, 1984.
- T. M. Singleton, G. D. Airey, I. Widyatmoko e A. C. Collop, in *Anais do Asphalt Rubber Proceeding – The pavement Material of the 21st Century*, Portugal, 2000, 463.
- G. Holleran e J. R. Reed, in *Anais do Asphalt Rubber Proceeding – The pavement Material of the 21st Century*, Portugal, 2000, 383.
- T. C. BILLITER, T. C., *Dissertation Doctor of Philosophy*, University of Texas, Texas, USA, 1996.

