Estudo comparativo de deformação permanente de CBUQ´S confeccionados

COM LIGANTES ASFÁLTICOS DIVERSOS

Elaborado por:

Eng. José Carlos M. Massaranduba - Diretor Técnico - GRECA Asfaltos
Eng. José Antonio Antosczezem Junior - Gerente de Produção & Qualidade - GRECA Asfaltos
Eng. Wander Omena - Gerente de PD&I - GRECA Asfaltos
William Ruiz - Químico - GRECA Asfaltos

1. OBJETIVO

Realizar estudo comparativo de desempenho de misturas asfálticas tipo Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) com relação à deformação permanente em laboratório, utilizando diferentes ligantes asfálticos. Os ligantes avaliados foram:

• Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP 30/45 (Refinaria REPLAN de Paulínia-SP);

• Cimento Asfáltico de Petróleo - CAP 50/70 (Refinaria REVAP de São José dos Campos-SP);

• CAP 50/70 (Refinaria REVAP) modificado com de Polímero RET tipo Elvaloy (1,2%) – sem especificação da ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás e Biocombustíveis);

• FLEXPAVE 55/75: Asfalto modificado por polímero elastomérico (SBS) – ANP tipo 55/75-E e DNIT – 129 / 2010 – EM;

• FLEXPAVE 60/85: Asfalto modificado por polímero elastomérico (SBS) – ANP tipo 60/85-E e DNIT – 129 / 2010 – EM;

• FLEXPAVE 65/90: Asfalto modificado por polímero elastomérico (SBS) – ANP tipo 65/90-E e DNIT – 129 / 2010 – EM;

• ECOFLEX B: Asfalto modificado por pó de borracha de pneus inservíveis (Asfalto-Borracha) – ANP tipo AB-8 e DNIT – 111 / 2009 – EM;

Foi utilizada a mesma composição granulométrica em todas as dosagens, conforme mostra a tabela 1 e o gráfico 1, havendo apenas alteração no teor ótimo correspondente para cada um dos ligantes asfálticos citados. O agregado utilizado nas dosagens foi da Cavalca Mineração, em Serra de São Vicente-MT.

Tabela 1: Composição granulométrica das misturas executadas.

Composição granulométrica das misturas executadas										
Peneiras		Brita 1	Pedrisco	Pó de Pedra	CAL CH-1	Mistura	Faixa de Trabalho		Especificação	
Pol	(mm)	23,0%	43,0%	32,0%	2,0%	100%	L. Inf.	L. Sup.	L.Inf.	L. Sup.
1"	25,40	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3/4"	19,10	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1/2"	12,70	64,0	100,0	100,0	100,0	91,7	84,7	98,7	80,0	100,0
3/8"	9,50	32,6	99,6	100,0	100,0	84,3	77,3	90,0	70,0	90,0
n.°4	4,80	9,4	36,9	98,8	100,0	51,6	46,6	56,6	44,0	72,0
n.°10	2,00	3,5	9,0	76,1	100,0	31,0	26,0	36,0	22,0	50,0
n.°40	0,42	1,7	4,4	41,1	100,0	17,4	12,4	22,4	8,0	26,0
n.°80	0,18	1,2	3,0	24,7	92,1	11,3	8,3	14,3	4,0	16,0
n.°200	0,08	0,7	1,9	14,6	84,5	7,3	5,3	9,3	2,0	10,0

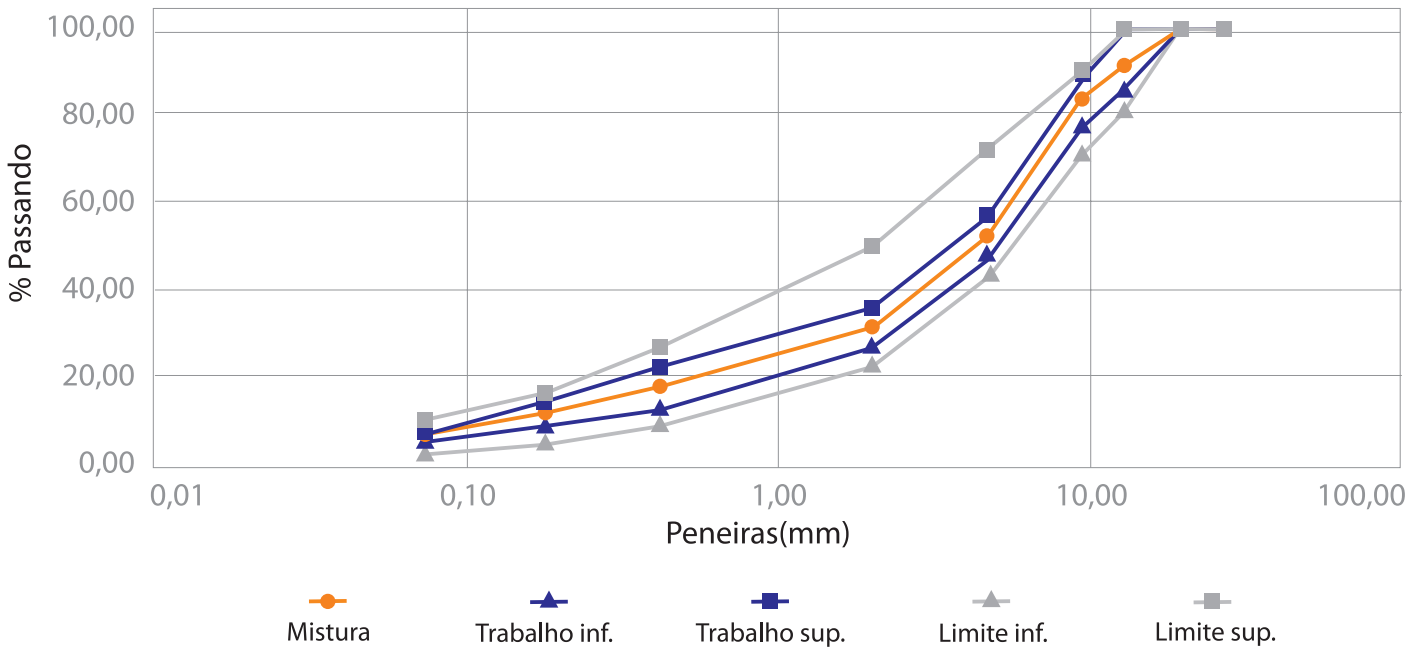

Gráfico 1: Faixa utilizada na composição das misturas e seus limites.

2. RESULTADOS

Após confecção das dosagens, os agregados e os ligantes asfálticos foram enviados ao Laboratório de Tecnologia de Pavimentação da Escola Politécnica da USP, para que fossem confeccionadas placas das misturas asfálticas para ensaio de deformação permanente em trilha de roda a 60°C, nos teores ótimos definidos em cada dosagem, com cada um dos respectivos ligantes. Os resultados destes ensaios são mostrados a seguir.

2.1 Resultado do ensaio de Deformação Permanente para a mistura asfáltica com CAP 50/70 da REVAP.

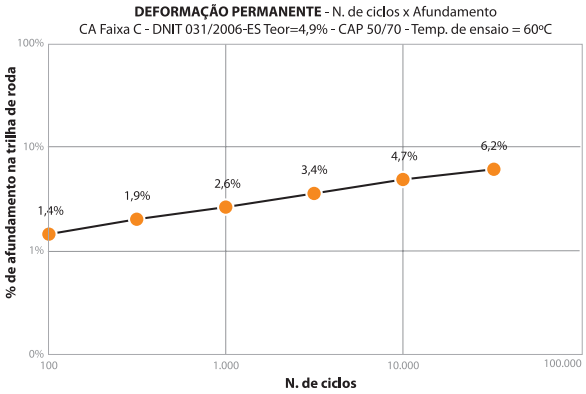

Gráfico 2: Evolução da deformação permanente por número de ciclos – Mistura com CAP 50/70 REVAP.

Figura 1: Foto da deformação permanente da mistura com CAP 50/70.

2.2 Resultado do ensaio de Deformação Permanente para a mistura asfáltica com CAP 30/45 da REPLAN

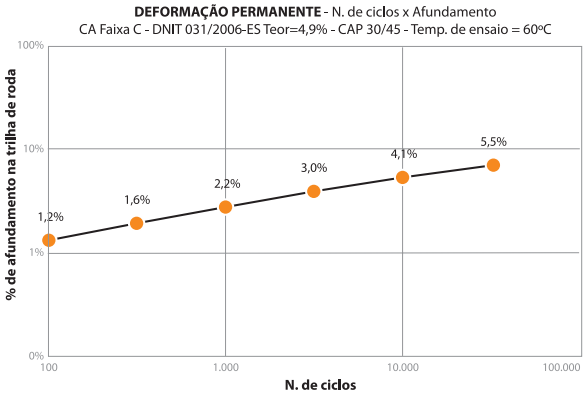

Gráfico 3: Evolução da deformação permanente por número de ciclos – Mistura com CAP 30/45 REPLAN.

Figura 2: Foto da deformação permanente da mistura com CAP 30/45.

2.3 Resultado do ensaio de Deformação Permanente para a mistura asfáltica com CAP 50/70 (REVAP) + 1,2% de Elvaloy

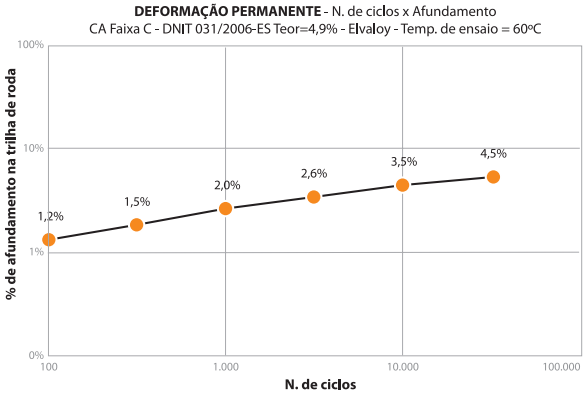

Gráfico 4: Evolução da deformação permanente por número de ciclos – Mistura com CAP 50/70 (REVAP) + 1,2% de Elvaloy.

Figura 3: Foto da deformação permanente da mistura com CAP 50/70 (REVAP) + 1,2% de Elvaloy.

2.4 Resultado do ensaio de Deformação Permanente para a mistura asfáltica com FLEXPAVE 55/75

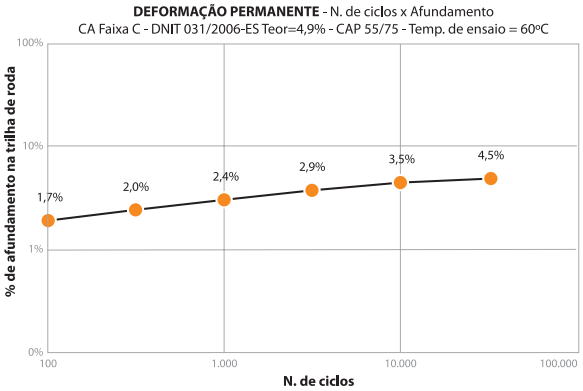

Gráfico 5: Evolução da deformação permanente por número de ciclos – Mistura com FLEXPAVE 55/75.

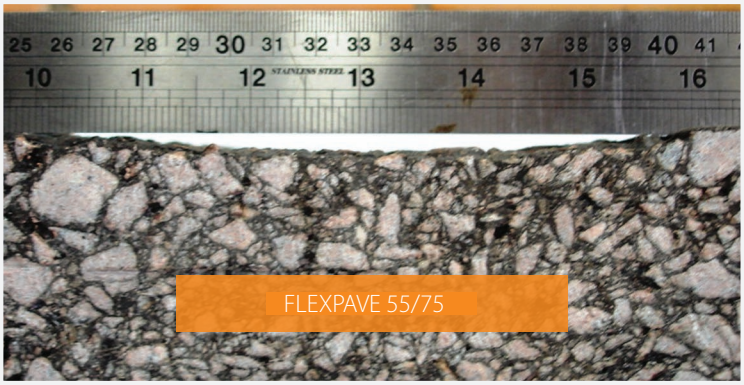

Figura 4: Foto da deformação permanente da mistura com FLEXPAVE 55/75.

2.5 Resultado do ensaio de Deformação Permanente para a mistura asfáltica com FLEXPAVE 60/85.

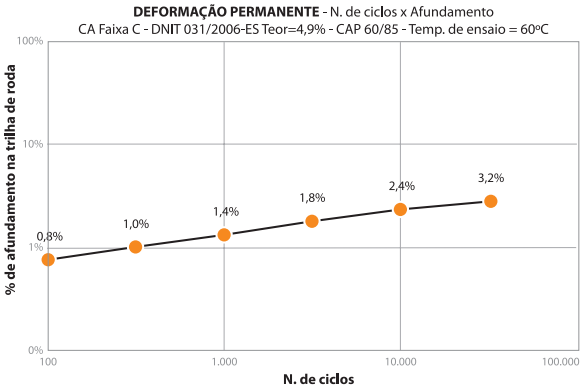

Gráfico 6: Evolução da deformação permanente por número de ciclos – Mistura com FLEXPAVE 60/85.

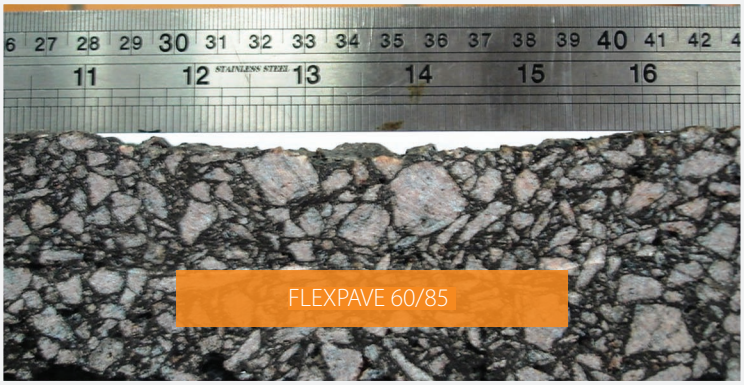

Figura 5: Foto da deformação permanente da mistura com FLEXPAVE 60/85.

2.6 Resultado do ensaio de Deformação Permanente para a mistura asfáltica com FLEXPAVE 65/90

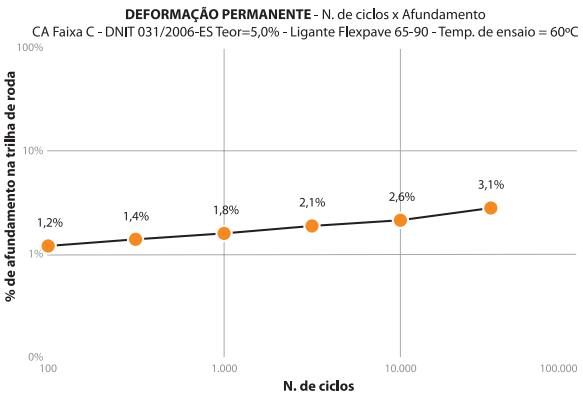

Gráfico 7: Evolução da deformação permanente por número de ciclos – Mistura com FLEXPAVE 65/90.

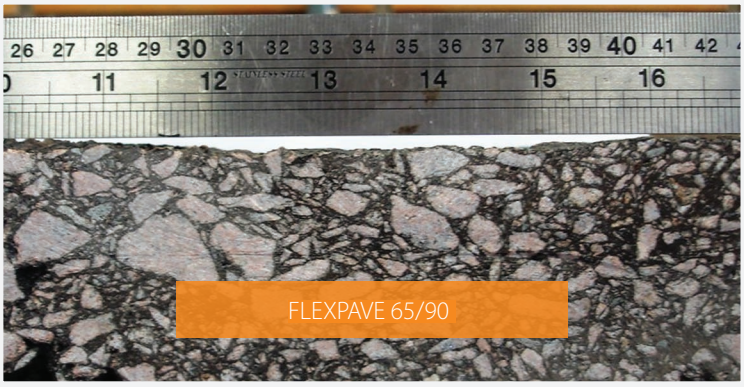

Figura 6: Foto da deformação permanente da mistura com FLEXPAVE 65/90.

2.7 Resultado do ensaio de Deformação Permanente para a mistura asfáltica com ECOFLEX B (Asfalto-Borracha).

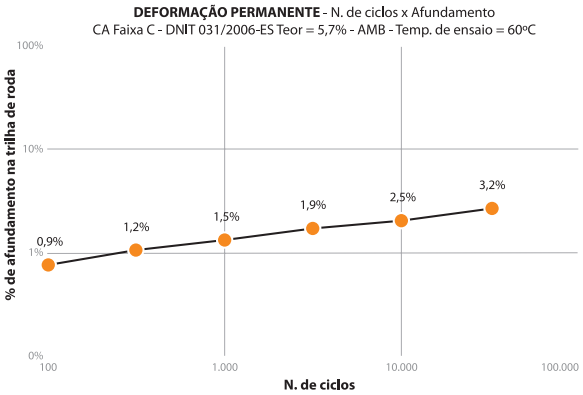

Gráfico 8: Evolução da deformação permanente por número de ciclos – Mistura com ECOFLEX B.

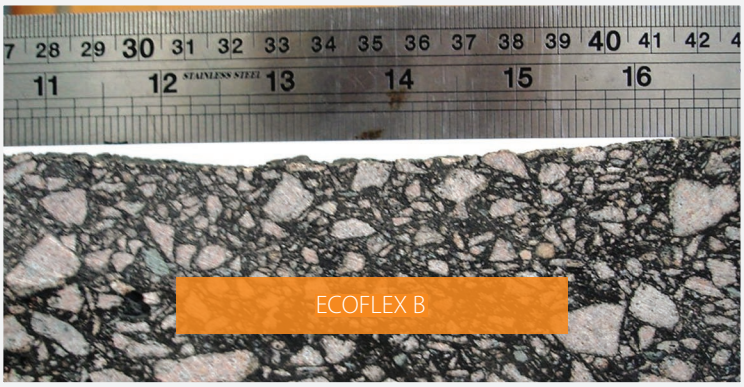

Figura 7: Foto da deformação permanente da mistura com ECOFLEX B.

2.8 Gráfico comparativo da evolução da deformação permanente a 60°C de cada uma das misturas asfálticas

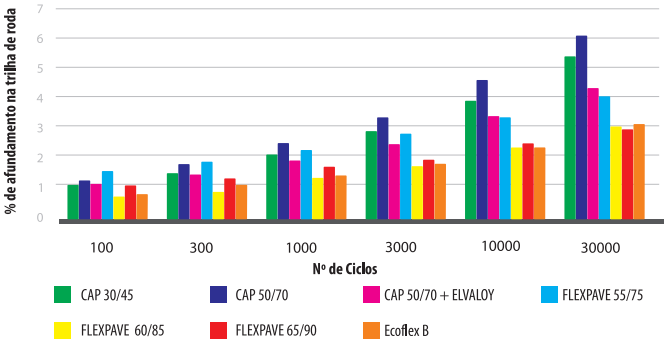

Gráfico 9: Evolução da Deformação Permanente de cada mistura asfáltica ensaiada.

Figura 8: Placas após o ensaio de deformação.

2.9 Resultado Final para cada mistura asfáltica após 30.000 ciclos

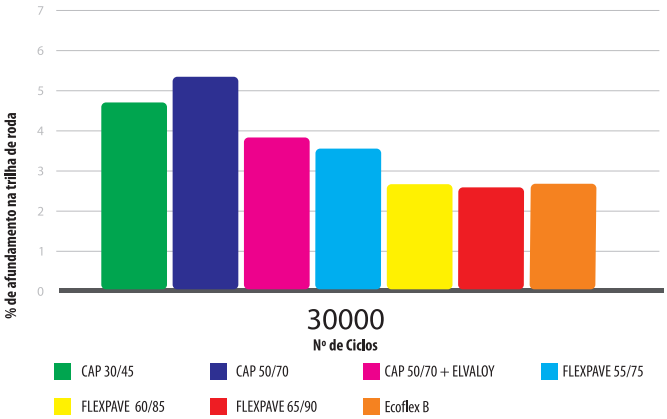

Gráfico 10: Resultado da Deformação Permanente de cada mistura asfáltica ensaiada após 30.000 ciclos.

2.10 Resultados dos ensaios sobre os ligantes asfálticos. Foram ensaiados também os ligantes asfálticos antes e após ensaio de RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test) conforme a especificação de cada produto. Os resultados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Resultados dos ligantes asfálticos ensaiados

RESULTADOS ANTES DO RTFOT	Método ABNT	CAP 50/70	CAP 30/45	CAP 50/70 + Elvaloy 1,2%	FLEXPAVE 55/75	FLEXPAVE 60/85	FLEXPAVE 65/90	ECOFLEX B
Penetração 25ºC, 5s, 100g, dmm	NBR-6576	50,0	31,0	40,0	48,0	46,0	53,0	53,0
Ponto de Amolecimento, °C	NBR-6560	49,0	52,0	60,0	56,0	61,0	77,5	58,0
Visc. Brookfield a 135°C, SP 21, 20 rpm, cP	NBR-15184	400	525	1592	1225	1290	1582	NA
Visc. Brookfield a 150°C, SP 21, 50 rpm, cP	NBR-15184	194	262	676	510	591	739	NA
Visc. Brookfield a 177°C, SP 21, 100 rpm, cP	NBR-15184	72	94	237,5	167	229	280	1585 (*)
Visc. Brookfield a 177°C, SP 3, 20 RPM, cP	NBR-15529	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1597
Recuperação Elástica Ductilômetro a 25°C, 20cm, %	NBR-15086	4,0	3,0	79,0	81,5	88,0	94,5	74,0
Variação de massa do RTFOT, %	NBR-15235	0,0418	0,0176	0,1411	0,0359	0,0417	0,0328	0,0357
Ensaio após RTFOT								
Variação do Ponto de Amolecimento, °C	NBR-6560	5,0	4,0	8,0	6,0	5,0	5,0	5,0
Percentagem da Penetração Original, %	NBR-6576	60,2	77,4	75	70	68,4	67,5	75
Percentagem da Penetração Original, %	NBR-6576	60,2	77,4	75	70	68,4	67,5	75

NA = não se aplica segundo especificações da ANP
(*) valor de Viscosidade medido utilizando o SP (Spindle) 3 e Norma NBR-15529

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O comportamento das duas misturas asfálticas com relação aos valores de afundamento na trilha de roda ao final do ensaio apontou resultados de maior deformação nos corpos de prova com os ligantes convencionais (CAP 50/70 e CAP 30/45), logo seguidos pelo CAP 50/70+ELVALOY, FLEXPAVE 55/75. As misturas realizadas com os ligantes FLEXPAVE 60/85 e FLAXPAVE 65/90, respectivamente, e com Asfalto-Borracha (ECOFLEX B), apresentaram valores finais similares e resultados muito satisfatórios, levando em consideração que a especificação do LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) da França indica que um CBUQ denso, de mistura contínua deve ter um valor de deformação permanente em trilhas de roda de no máximo de 10% após 10.000 ciclos para vias de tráfego médio e de no máximo 5% após 30.000 ciclos para vias de tráfego pesado. A tabela 3 mostra os resultados obtidos a 10.000 e 30.0000 ciclos para as misturas asfáltica ensaiadas.

Misturas Asfálticas Densas (CBUQ) moldadas com os seguintes ligantes asfálticos		
	Deformação Permanente a 60°C e 10.000 ciclos (%) Tráfego leve e médio	Deformação Permanente a 60°C e 30.000 ciclos (%) Tráfego pesado
CAP 50/70	4,7	6,2
CAP 30/45	4,1	5,5
CAP + 1,2% de Elvaloy	3,5	4,5
FLEXPAVE 55/75	3,5	4,2
FLEXPAVE 60/85	2,4	3,2
FLEXPAVE 65/90	2,6	3,1
ECOFLEX B	2,5	3,2
Especificação LCPC	Máx. 10	Máx. 5

Tabela 3: Resultados de deformação permanente a 10.000 e 30.000 ciclos.

Os resultados mostram uma redução significativa da deformação permanente quando são utilizados os ligantes modificados, com redução de mais de 50% de deformação em misturas utilizando o AMP 60/85, Asfalto-Borracha e AMP 65/90 comparados com a mistura com CAP 50/70, por exemplo. É possível analisar sem considerar outros fatores que, dentre os asfaltos modificados, os melhores desempenhos no ensaio foram do ECOFLEX B, FLEXPAVE 60/85 e FLEXPAVE 65/90, tecnicamente empatados a 10.000 e 30.000 ciclos, seguidos do FLEXPAVE 55/75 e do CAP 50/70 (REVAP) + 1,2% de Elvaloy. Com relação a evolução da deformação ao longo do ensaio, a mistura com o ECOFLEX B e FLEXPAVE 60/85 se processou de forma mais lenta.

Um dado a ser considerado foi a baixa deformação do CBUQ executado com ECOFLEX B (Asfalto-Borracha) mesmo com uma quantidade de ligante superior a das outras misturas asfálticas, o ECOFLEX B apresentou um teor ótimo de 5,7% contra 4,9% das misturas com os outros ligantes modificados. Geralmente, quanto mais alto é o teor, maior é a deformação permanente, no entanto o Asfalto-Borracha apresenta características de viscosidade e comportamento após o ensaio de RTFOT que diferem do comportamento usual de outros ligantes asfálticos. Como mostra o gráfico 11, a viscosidade do ECOFLEX B foi 5,66 vezes maior que a maior das viscosidades obtidas dos outros ligantes. Esta alta viscosidade influencia de forma significativa no comportamento deste ligante, evidenciando sua menor sensibilidade térmica. Fato pelo qual o CBUQ com Asfalto-Borracha num teor mais alto apresentou valores de deformações muito baixos a 60°C (temperatura do ensaio).

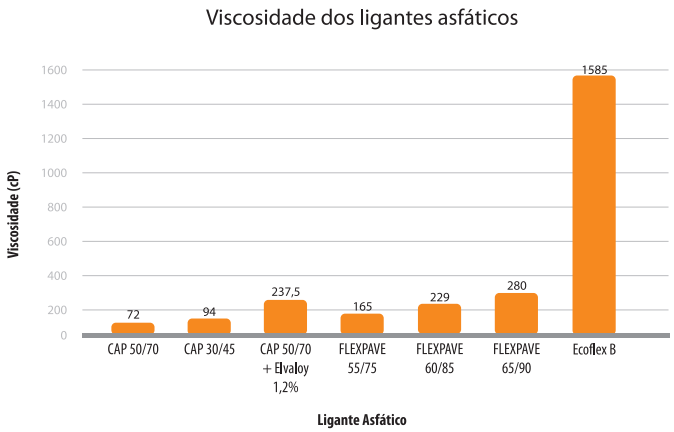

Gráfico 11: Viscosidade Brookfield a 177°C de todos os ligantes asfálticos ensaiados.

Outra análise muito importante que deve ser levada em conta no momento de se projetar uma mistura asfáltica para pavimentação é a avaliação das condições do ligante asfáltico após a usinagem, isto é, após sua passagem juntamente com os agregados pelo processo de oxidação provocado pela usinagem. Esta avaliação é fundamental, pois é este ligante que efetivamente está sendo aplicado na pista. Concretos asfálticos usinados a quente confeccionados com Borracha têm obtidos resultados muito satisfatórios exatamente por este ligante apresentar, ao contrário dos demais, uma característica de melhora significativa de sua recuperação elástica após a usinagem. Fator que contribui para um incremento de qualidade do concreto asfáltico aplicado em pista, principalmente quando existe a necessidade de se evitar problemas de deformação permanente em situações críticas de solicitação de tráfego em conjunto com alta temperatura ambiente e de pista. Tal fato pode ser observado no quadro a seguir, onde serão apresentados os resultados após o RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test), equipamento que simula com precisão o processo oxidativo provocado pela usinagem, dos ligantes asfálticos referenciados neste estudo. A figura 9 apresenta os resultados de: perda de massa no ensaio de RTFOT, recuperação elástica pelo ductilômetro, ponto de amolecimento e penetração, estes 3 últimos antes e após o ensaio de RTFOT com todos os ligantes asfálticos.

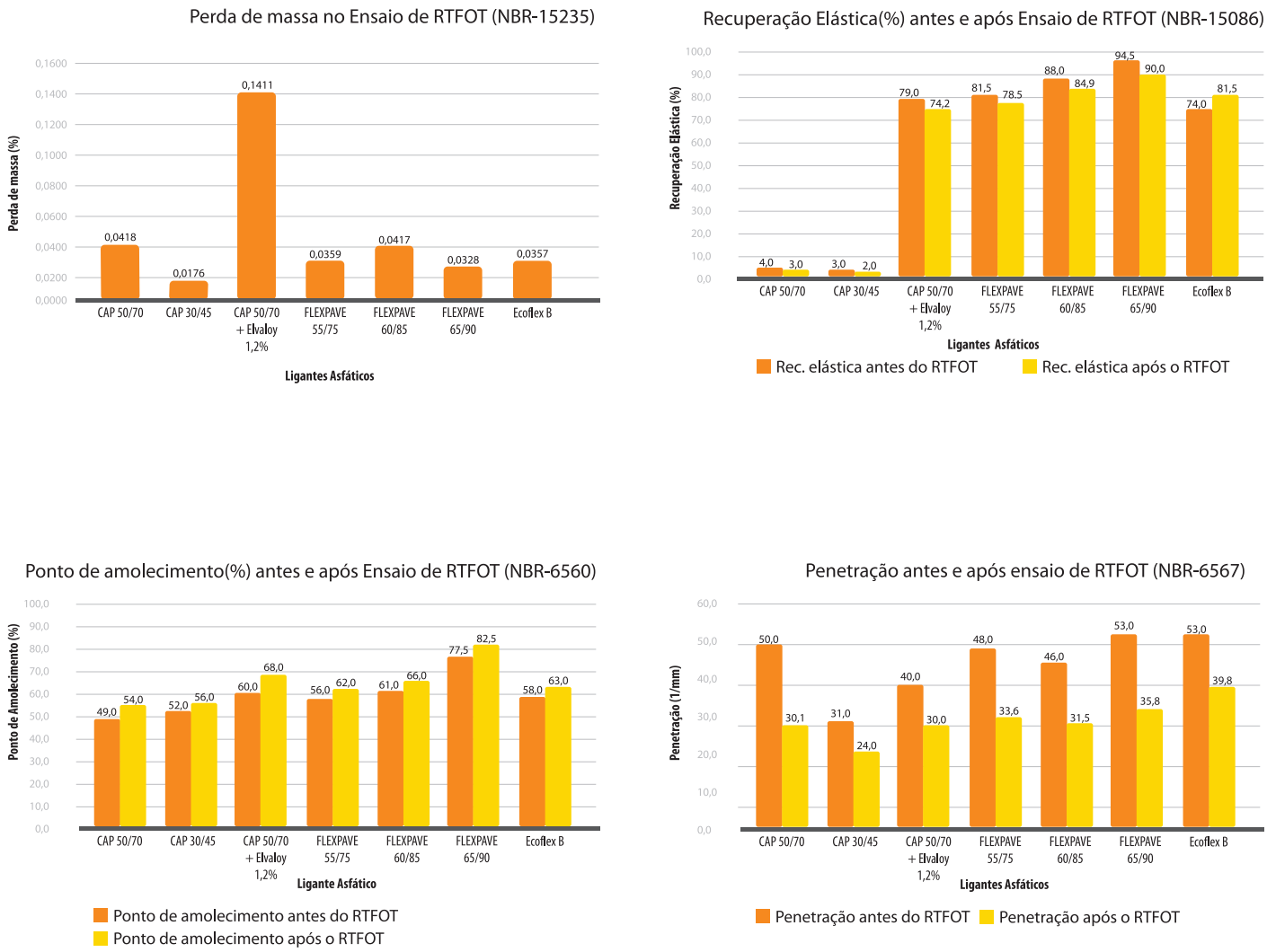

Figura 9: Resultados dos ligantes asfálticos após o Ensaio de RTFOT.

Ainda na figura 9, podemos observar as baixas porcentagens de perda e variação nos resultados após usinagem em todos os asfaltos modificados, exceto no CAP 50/70 modificado por Elvaloy. Tal característica pode ser explicada devido ao processo pelo qual os CAPs foram e são normalmente submetidos antes da modificação por SBS ou pó de borracha de pneus, processo este que não ocorre nos CAPs modificados por Elvaloy.

4. CONCLUSÃO

Um Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ) mais flexível e com mais ligante asfáltico está menos propenso a problemas de trincamento e sua vida útil tende a se prolongar, aliar a estes dois fatores a uma deformação permanente baixa é uma grande conquista, que só é possível pelo equilíbrio entre um agregado adequado, uma faixa bem estruturada e um ligante asfáltico que possua um valor de ponto de amolecimento alto, atrelado à uma viscosidade elevada que proporcione um alto índice de película no agregado e também a uma recuperação elástica excepcional, responsável por absorver e devolver com eficiência os esforços aplicados sobre o pavimento.

Dentro deste conceito, pode-se concluir que:

a) As misturas executadas com asfaltos convencionais possuem um desempenho com relação à deformação permanente bem inferior quando comparados aos ligantes modificados por polímeros ou pó de borracha de pneus;

b) A mistura com o CAP 50/70 + 1,2% ELVALOY, dentre os ligantes modificados, foi a que apresentou o desempenho menos satisfatório;

c) As misturas com FLEXPAVE 60/85, FLEXPAVE 65/90 e ECOFLEX B foram as que obtiveram os resultados de deformação permanente mais baixo. Apesar de parecem tecnicamente empatados, pode-se observar que a evolução da deformação a cada ciclo de leitura favorece o FLEXPAVE 60/85 e o ECOFLEX B;

d) O FLEXPAVE 60/85 e o ECOFLEX B têm valores de deformação similares em todos os pontos de leitura. No entanto, o teor de ECOFLEX B para esta mistura foi mais alto em comparação com o FLEXPAVE 60/85 conforme já foi explicado. Tal característica poderia impactar numa deformação mais alta por parte do ECOFLEX B, já que misturas asfálticas com maior quantidade de ligante tendem a ser mais "deformáveis". No entanto, isto não ocorreu e o resultado foi uma mistura asfáltica flexível, com alto índice de película e com baixa deformação.

CENTRO DE PESQUISAS

GRECA ASFALTOS

Elaborado por:

Eng. José Carlos M. Massaranduba - Diretor Técnico - GRECA Asfaltos

Eng. José Antonio Antosczezem Junior - Gerente de Produção & Qualidade - GRECA Asfaltos

Eng. Wander Omena - Gerente de PD&I - GRECA Asfaltos

William Ruiz - Químico - GRECA Asfaltos