



## **Análise do ligante asfáltico modificado com poliestireno de copos descartáveis**

Bianca Araújo de Paiva<sup>1</sup> Lucas Lauer Verdade<sup>2</sup> Paulo Henrique Rodrigues<sup>3</sup>

16 novembro 2017

Resumo – O presente trabalho tem como objetivo testar a hipótese que a adição de proporções adequadas do poliestireno de copos descartáveis possa melhorar as características físicas do CAP, comparando diferentes porcentagens de adição de poliestireno (1%, 3% e 5%) com o CAP sem modificação, para a realização dos ensaios de penetração, ponto amolecimento e ponto de fulgor. O ligante asfáltico modificado com polímero é usado para melhorar o desempenho do pavimento quanto aos principais defeitos, trinca por fadiga e deformação permanente e como o poliestireno não é comumente utilizado como modificador, este trabalho busca testá-lo como alternativa, visto que na cidade de Campo Mourão – PR não há interesse pela reciclagem dos copos descartáveis. Os copos descartáveis foram moídos e então incorporados ao CAP. Para a modificação com 5% de poliestireno, observou-se que o ligante acaba resistindo a maiores temperaturas sem perder suas principais características, porém leva à perda de consistência do pavimento. Assim, foi concluído que o poliestireno como modificador do ligante asfáltico não deve ser utilizado para estradas com alto tráfego de veículos.

Palavras-chave: Ligante Asfáltico Modificado. Poliestireno. Copos Descartáveis. Ensaios.

### **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil é um país no qual se predomina o sistema de transporte rodoviário para o transporte de cargas, conforme pesquisa da Confederação Nacional do Transporte, o CNT (2016) 61,1% das cargas transportadas no Brasil são por modal rodoviário. Apesar disso, de acordo com o mesmo, apenas 12,3% das estradas são pavimentadas.

Diversos são os motivos para esta falta de qualidade nos asfaltos brasileiros, mas um dos maiores

problemas enfrentados são os defeitos do pavimento, que diminuem sua serventia e desempenho. Os dois principais defeitos são a deformação permanente, que está relacionada ao recalque no subleito e às propriedades dos agregados, aparecendo normalmente nos primeiros anos de vida do pavimento. O segundo defeito é a trinca por fadiga, associado à repetição de cargas, acontece no revestimento quando o ligante asfáltico envelhece, sofrendo oxidação e perdendo suas propriedades (BERNUCCI et al., 2008).

A busca por pavimentos eficazes e de menor custo se

<sup>1</sup> bianca703@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup> lucasverdade@utfpr.edu.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Apucarana, Apucarana, Paraná, Brasil.

<sup>3</sup> paulo\_rodrigues21@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, Campo Mourão, Paraná, Brasil.



torna constante. O ligante asfáltico modificado se tornou uma alternativa, pelo maior rendimento e qualidade empregada ao pavimento, utilizando materiais de fácil acesso, como polietileno (PE), copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS), copolímero etileno acetato de vinila (EVA), borracha de estireno-butadieno (SBR) e outros materiais com certa preocupação sustentável, como a borracha moída de pneus.

No caso deste estudo, o polímero testado será o poliestireno (PS) de copos descartáveis. Santos et al. (2015) em sua pesquisa observaram que não há interesse em reciclar os resíduos de copos descartáveis da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão por parte das cooperativas, por serem muitos leves (apesar da grande quantidade) e com um preço de custo baixo.

O presente trabalho tem como objetivo testar a hipótese que a adição de proporções adequadas do poliestireno de copos descartáveis possa melhorar as características físicas do CAP. Para medir as propriedades físicas alcançadas pelo asfalto utilizando o ligante modificado com o poliestireno serão realizados ensaios utilizando três porcentagens de aplicação do PS (1%, 3% e 5%) e uma amostra de comparação com o CAP (Cimento Asfáltico de Petróleo) sem modificação, com base nas normas referentes aos ensaios de: penetração, ponto de amolecimento e ponto de fulgor.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Dosagem

Baseado no trabalho de Infante et al. (2008) e para que haja uma maior variedade de resultados nos ensaios, foram utilizadas três diferentes porcentagens de modificação de poliestireno, com 1%, 3% e 5% em comparação com uma amostra de CAP sem modificação. Para cada porcentagem foram moldadas três amostras por ensaio.

Foram misturados 750 gramas de CAP para cada porcentagem de poliestireno, dessa forma, na

formulação com 1% de poliestireno adicionou-se 7,5 gramas, na formulação com 3% adicionou-se 22,5 gramas e na formulação com 5% adicionou-se 37,5 gramas.

### 2.2 Poliestireno

O poliestireno utilizado é proveniente dos copos descartáveis de 300 ml da marca Orleplast, pesando cada um cerca de 2,9 gramas, que foram utilizados no restaurante da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Campo Mourão. Eles foram recolhidos, lavados, secados naturalmente e retirado o fundo e a borda superior para que só fosse utilizado sua lateral, com o objetivo de obter um material mais homogêneo. Então com o auxílio de um moedor utilizado no laboratório de pavimentação do Consórcio CCL CCM Pavidez (normalmente usado para moer o polímero SBS) 120 copos descartáveis foram moídos para a realização dos ensaios.



Figura 1 – Copo Descartável sem fundo e sem borda superior



Figura 2 – Copos descartáveis moídos

A Figura 1 apresenta a parte que foi utilizada do copo



descartável para a realização das formulações e a Figura 2 mostra o tamanho do poliestireno que foi colocado nas formulações, após o processo de moagem.

### 2.3 Mistura

No laboratório do Consórcio CCL CCM Pavidez os copos descartáveis triturados foram adicionados ao CAP que esteve em “banho-maria” durante 3 horas e misturados a ele manualmente, a uma temperatura de 170 °C durante cerca de 50 minutos. A mistura continuou com a temperatura reduzida para 135 °C. O CAP utilizado foi 50/70, fornecido pela usina asfáltica do Consórcio CCL CCM Pavidez, o que resultou em 3 amostras para cada porcentagem de adição de poliestireno (1, 3 e 5%).

### 2.4 Ensaio de penetração



Figura 3 – Penetrômetro para CAP

O ensaio foi realizado segundo a norma rodoviária ABNT NBR 6576/98. Em um recipiente de metal foi colocado a amostra de CAP modificada. Com o auxílio de penetrômetro onde a haste e a agulha se equilibram, do termômetro para medir a temperatura que deve estar em 25 °C e do cronômetro para medir

os 5 segundos em que a agulha deve estar em contato com a amostra, o ensaio foi realizado. Foi colocado em cima da agulha o peso de 50 g, totalizando um peso de 100 g e medido o valor de penetração em décimo de milímetros (dmm) marcado no mostrador do penetrômetro. Foram realizadas três penetrações em cada amostra e então encontrada o valor médio para cada uma. A Figura 3 apresenta o equipamento para realização do ensaio de penetração.

### 2.5 Ensaio de ponto de amolecimento



Figura 4 – Ensaio de Ponto de Amolecimento

O ensaio de ponto amolecimento ou “anel e bola”, foi realizado de acordo com a norma da ABNT NBR 6560/2000. A amostra de CAP modificado foi colocada dentro dos anéis e deixado em repouso durante 30 minutos. Após isso, com o auxílio de uma espátula foi retirado o excesso e então introduzido juntamente com as esferas ao béquer com água a 25 °C. Quando a temperatura atingiu 32 °C, a chama foi regulada de modo que a temperatura aumentava 5 °C a cada minuto, depois dos primeiros 3 minutos. A temperatura foi registrada quando a amostra que envolve o anel tocou a placa inferior. A Figura 4 mostra o momento em que o ligante asfáltico toca a



placa inferior, o que significa que o ensaio está finalizado.

## 2.6 Ensaio de ponto de fulgor

O ensaio de ponto de fulgor foi feito conforme a ABNT NBR 11341/2004. No Vaso Aberto Cleveland foi colocada a amostra do CAP modificado e então aquecido até que os vapores emanados se inflamaram. A temperatura mínima em que houve a inflamação foi medida com o auxílio de um termômetro. A Figura 5 apresenta a realização do ensaio.



Figura 5 – Amostra sendo aquecida para ensaio de ponto de fulgor

## 3 RESULTADOS

### 3.1 Ensaio de penetração

De acordo com Specht (2004) “o ensaio de penetração é uma medida indireta de consistência dos materiais asfálticos que serve para qualificação e especificação de cimento asfálticos”. A partir da realização do ensaio de penetração obteve-se os seguintes resultados, apresentados na Tabela 1.

De acordo com os resultados obtidos pelo ensaio de ponto de penetração, percebe-se que a modificação do CAP com poliestireno diminuiu sua consistência

quando comparada com o CAP após modificação.

Tabela 1 – Resultados obtidos no ensaio de penetração (em dmm)

| Amostra     | Ensaio | Ensaio | Ensaio | Média (dmm) |
|-------------|--------|--------|--------|-------------|
|             | I      | II     | III    |             |
| CAP         | 52     | 51     | 53     | 52          |
| CAP + 1% PS | 58     | 59     | 60     | 59          |
| CAP + 3% PS | 62     | 60     | 64     | 62          |
| CAP + 5% PS | 64     | 63     | 62     | 63          |

A porcentagem de modificação influencia no aumento do valor do ensaio de penetração. É possível observar que a adição de 1% de poliestireno já faz com que o ensaio de penetração saia de 52 dmm (CAP 50/70) para 59 dmm (CAP + 1%PS). Para 3 e 5% de poliestireno observa-se ainda um aumento de valores no ensaio de penetração (62 dmm e 63 dmm, respectivamente), mas este aumento foi menor em proporção se comparado a adição de 1% de poliestireno. Com estes resultados, pode-se observar que a adição de poliestireno em qualquer proporção acarretou em uma perda de consistência do material.

### 3.2 Ensaio de ponto de amolecimento

A partir da realização do ensaio de ponto de amolecimento obteve-se os seguintes resultados, apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados obtidos no ensaio de ponto de amolecimento

| Amostra     | Ensaio I | Ensaio II | Ensaio III | Média (°C) |
|-------------|----------|-----------|------------|------------|
|             | (°C)     | (°C)      | (°C)       |            |
| CAP         | 49       | 48,5      | 48         | 48,5       |
| CAP + 1% PS | 49,5     | 48,5      | 49         | 49         |
| CAP + 3% PS | 49       | 49        | 49         | 49         |
| CAP + 5% PS | 52       | 50        | 51         | 53         |

Os resultados obtidos nos ensaios de ponto de amolecimento mostram que a modificação com o poliestireno melhorou, porém pouco, a temperatura em que o asfalto amolece e chega a uma condição de escoamento definida. Percebe-se que o aumento foi pouco para a adição de 1 e 3% de poliestireno no ligante asfáltico. Ocorre um aumento de 0,5 °C em relação ao CAP de base (48,5 °C). Já com a adição de 5% de poliestireno ocorre um aumento do valor do ensaio de ponto de amolecimento para 53 °C. Este aumento já é mais significativo se comparado com o CAP 50/70. O aumento do ponto de amolecimento é um indício que o material consegue resistir a



temperaturas mais altas, sem perder suas principais características em campo.

### 3.3 Ensaio de ponto de fulgor

O ensaio do ponto de fulgor se refere à menor temperatura na qual os vapores emanados pelo aquecimento do ligante asfáltico se inflamam por contato com uma chama padronizada. Está ligado a segurança de manuseio durante transporte, estocagem e manuseio do asfalto. A partir da realização do ensaio de ponto de fulgor obteve-se os seguintes resultados, apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3** – Resultados obtidos no ensaio de ponto de fulgor

| Amostra     | Ensaio I (°C) | Ensaio II (°C) | Ensaio III (°C) | Média (°C) |
|-------------|---------------|----------------|-----------------|------------|
| CAP         | 305           | 303            | 307             | 305        |
| CAP + 1% PS | 320           | 322            | 318             | 320        |
| CAP + 3% PS | 320           | 320            | 320             | 320        |
| CAP + 5% PS | 320           | 320            | 320             | 320        |

Com base dos resultados obtidos, foi possível constatar que a modificação com o poliestireno melhorou a resistência a altas temperaturas do CAP, o que favorece suas condições de segurança durante manuseio e transporte do material.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa estudou, experimentalmente por meio de três ensaios, a utilização de poliestireno proveniente de copos descartáveis moídos, sem nenhum tipo de tratamento, comparando seus resultados com amostra de um CAP sem modificação para assim determinar se este material traria benefícios para o ligante.

A partir dos resultados obtidos nos ensaios realizados, pode-se concluir que:

Os resultados do ensaio de penetração demonstram que quando o CAP foi modificado mesmo com a menor porcentagem, de 1%, já houve um aumento na quantidade que foi penetrada de agulha. Essa quantidade aumentou conforme a porcentagem de adição do polímero também aumentou, demonstrando assim que o poliestireno torna o CAP menos consistente. O aumento do ensaio de penetração a

25 °C mostra que a esta temperatura a consistência do material diminui conforme ocorre o aumento da modificação, ou seja, a rigidez do material em geral diminui. Temperaturas de 25 °C são temperaturas em que o processo de trincas por fadiga geralmente ocorre, portanto tem-se indícios que a adição do poliestireno no ligante asfáltico de base é prejudicial para combater o defeito de trincas por fadiga, o que acarreta na necessidade de mais atividades de manutenção e reabilitação do pavimento com maior frequência. Vale lembrar que é necessário a realização de todos os ensaios previstos em norma para confirmarmos este indício.

Para o ensaio de ponto de amolecimento, as amostras modificadas apresentaram resultados semelhantes entre si e maiores resultados, quando comparados com os valores do CAP sem modificação. O ensaio de ponto de amolecimento mostra um aumento da temperatura em que o material flui. Tem-se um aumento da temperatura com a adição de poliestireno (mais visível com a adição de 5% de poliestireno) o que mostra que a adição do poliestireno faz com que o material consiga suportar temperaturas mais altas sem perder suas características iniciais. O defeito conhecido como deformação permanente geralmente ocorre a temperaturas mais elevadas e este ensaio trouxe indícios que a adição de poliestireno consegue suportar temperaturas mais elevadas sem sofrer o processo de deformação permanente. Observando os valores absolutos do ensaio, o aumento de 48,5 °C para 53 °C com a adição de 5% de poliestireno traz uma sobrevida do material, porém é necessário observar a região de utilização do ligante asfáltico modificado com este polímero pois existem alguns locais em que são observadas temperaturas médias na pista acima de 55 °C, ou seja, mesmo com a adição do poliestireno, o processo de deformação permanente aconteceria da mesma maneira que ocorre ao CAP convencional.

O ensaio de ponto de fulgor apresentou resultados iguais nas três diferentes porcentagens de modificação que foram superiores ao resultado do CAP sem modificação, mostrando assim o favorecimento neste



aspecto que a modificação com poliestireno trouxe ao CAP, já que os resultados foram 43,5% superiores ao valor mínimo que a norma exige.

Os resultados mostram de forma geral que a modificação usando o poliestireno de copos descartáveis aumenta a resistência do CAP às altas temperaturas, melhorando sua capacidade de suportá-las sem amolecer e também colaborando para uma maior segurança no trabalho e estocagem do material.

Os ensaios realizados mostraram valores contraditórios, pois o ensaio de penetração mostra uma perda na consistência do material a temperaturas de 25 °C e o ensaio de ponto de amolecimento mostra um ganho de consistência a temperaturas mais elevadas. Possivelmente a adição de poliestireno diminui algumas características fundamentais do asfalto (diminuindo sua rigidez), mas

consegue manter estas propriedades (mesmo que menores) até temperaturas mais elevadas.

O que se busca na adição de um polímero é que ele aumente a consistência (diminua o ensaio de penetração) e mantenha esta consistência por um tempo maior (aumente a temperatura do ensaio de ponto de amolecimento). É claro que mais ensaios devem ser realizados para se obter a caracterização completa do material. Com os resultados obtidos há indícios que este material não deve ser utilizado em estradas com grandes fluxos de tráfego, pois o polímero adicionado ficou abaixo da expectativa que se espera da adição de um material deste tipo no ligante asfáltico. Caso apresente uma viabilidade econômica boa, pode-se estudar a utilização deste material em estradas com baixos volumes de tráfego.

## REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Determinação do Ponto de Amolecimento de Materiais Betuminosos – Método do Anel e Bola**: ABNT/MB-164/NBR 6560. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Materiais Betuminosos – Determinação da Penetração**: ABNT/ NBR 6576. Rio de Janeiro, 1998.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Produtos de Petróleo – Determinação do Ponto de Fulgor e de Combustão em Vaso Aberto de Cleveland**: ABNT/ NBR 11341. Rio de Janeiro, 2004.

BERNUCCI, Liedi B., MOTTA, Laura Maria G., CERATTI, Jorge Augusto P., SOARES, Jorge B. **Pavimentação asfáltica**: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: Petrobras, 2008.

CNT, Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias 2016**: Relatório gerencial. 2016. Disponível em: <[http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2016\)%20-%20LOW.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br/Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2016)%20-%20LOW.pdf)>. Acesso em: 24 mai. 2017.

INFANTE, Ana F., SANTANILLA, Elsa F., AMAYA, Claudia P., CAMELO, Martha R. Contrastación entre el asfalto modificado con poliestireno y llanta triturada empleando dos métodos de mesclado. **Revista Épsilon**, Bogotá, n. 10, p. 67-79, jan-jun. 2008.

SANTOS, Thais M.; AMADEO, Raíssa M.; GUAZZELLI, Gustavo M.; CORNELI, Vanessa. Coleta Seletiva da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Campus Campo Mourão. In: Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR, 5, 2015, Campo Mourão. **Anais...** Campo Mourão, 2015.

SPECHT, Luciano P. **Avaliação de misturas asfálticas com incorporação de borracha reciclada de pneus**. 2004. 280 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.



## Analysis of polystyrene modified asphaltic binder from disposable cups

Bianca Araújo de Paiva<sup>4</sup> Lucas Lauer Verdade<sup>5</sup> Paulo Henrique Rodrigues<sup>6</sup>

16 novembro 2017

**Abstract** – The present study aims to test the hypothesis that the addition of adequate proportions of polystyrene from disposable cups can improve the physical characteristics of the CAP (petroleum asphalt cement), comparing different polystyrene addition percentages (1%, 3% and 5%) with non-modified CAP, for penetration, softening point and flash point tests. The polymer-modified asphalt binder is used to improve pavement performance for major defects, fatigue cracking and permanent deformation and since polystyrene is not commonly used as a modifier, this work seeks to test it as an alternative, since in the city of Campo Mourão - PR there are no interest in recycling of disposable cups. The disposable cups were ground and then incorporated into the CAP. For the modification with 5% of polystyrene, it was observed that the binder resists higher temperatures without losing its main characteristics, but it leads to pavement consistency loss. Thus, it was concluded that polystyrene as an asphalt binder modifier should not be used for high vehicular traffic roads.

**Keywords:** Modified Asphalt Binder. Polystyren. Disposable Cups. Tests.

### **Correspondência:**

Lucas Lauer Verdade

Rua Marçílio Dias, 635, sala P002 - Jardim Paraíso, Apucarana, Paraná, Brasil. CEP: 86812-460

Recebido: 11/09/2017

Aprovado: 16/11/2017

**Como citar:** PAIVA, Bianca Araújo de; VERDADE, Lucas Lauer, RODRIGUES, Paulo Henrique. Análise do ligante asfáltico modificado com poliestireno de copos descartáveis. *Syn. scy. UTFPR*, Pato Branco, v. 12, n. 1, p. 169–175. 2017. ISSN 2316-4689 (Eletrônico). Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/synscy>>. Acesso em: DD mmm. AAAA.

DOL: "registro apenas quando a revista for depositada no portal do PERI"



Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença **Creative Commons** Atribuição 4.0 Internacional.

<sup>4</sup> bianca703@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, Campo Mourão, Paraná, Brasil.

<sup>5</sup> lucasverdade@utfpr.edu.br, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Apucarana, Apucarana, Paraná, Brasil.

<sup>6</sup> paulo\_rodrigues21@hotmail.com, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Campo Mourão, Campo Mourão, Paraná, Brasil.