#

**AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE FIBRA DE POLIPROPILENO EM**

**MISTURAS ASFÁLTICAS À QUENTE**

DAVID DA SILVA LOURENÇO1, BRUNO VITAL DA SILVA2, JEFFERSON DA SILVA PEREIRA3, ROSINEIDE MIRANDA LEÃO4 E LUIZ SOARES CORREIA5

1Acadêmico de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, davidengenharia.unip@gmail.com;

2Acadêmico de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, vitalbruno050@gmail.com;

3Acadêmico de Engenharia Civil, UNIP, Brasília-DF, Jeffsilva4030@gmail.com;

4Drª. em Ciências Mecânicas, Msc. em Ciências Mecânicas, UNB, Brasília-DF, rosemirandaleao@gmail.com;

 5Mestre em Transportes, UNIP, Brasília-DF, luiz0908@hotmail.com.

**RESUMO**: Este estudo tem como objetivo avaliar as propriedades mecânicas e de desempenho da mistura asfáltica à quente com adição de fibra de polipropileno. Para isso, foram observadas 4 categorias de tratamentos para os corpos de prova, com diferentes concentrações de fibras de polipropileno, sendo elas: 0%, 0,5%, 1% e 1,5%. Além disso, foram realizados ensaios laboratoriais para determinar a granulometria do agregado utilizado na mistura, bem como medir a resistência à tração por compressão diametral. Os resultados mostraram que a adição de fibra de polipropileno melhorou significativamente a resistência à fadiga e à deformação permanente da mistura asfáltica. O quarto tratamento, com a adição de 1,5% de fibra, apresentou a melhor resistência, com um valor de 10,18 KN, equivalente a 1.038 Kgf, em comparação aos outros corpos de prova. Esses resultados sugerem que a adição de fibra de polipropileno em mistura quente de asfalto modificado pode ser uma solução viável para melhorar o desempenho do pavimento asfáltico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mistura asfáltica; fibra de polipropileno; desempenho; concentrações de fibras.

**EVALUATION OF THE ADDITION OF POLYPROPYLENE FIBER IN**

**HOT ASPHALT MIXTURES**

**ABSTRACT**: This study aims to evaluate the mechanical and performance properties of hot mix asphalt with the addition of polypropylene fiber. For this purpose, four categories of treatment were observed for the test specimens, with different concentrations of polypropylene fiber, namely: 0%, 0.5%, 1%, and 1.5%. In addition, laboratory tests were performed to determine the aggregate gradation used in the mixture, as well as to measure the tensile strength by diametral compression. The results showed that the addition of polypropylene fiber significantly improved the fatigue and permanent deformation resistance of the asphalt mixture. The fourth treatment, with the addition of 1.5% fiber, showed the best resistance, with a value of 10.18 KN, equivalent to 1,038 Kgf, compared to the other test specimens. These results suggest that the addition of polypropylene fiber in hot mix modified asphalt can be a viable solution to improve the performance of asphalt pavement.

**KEY WORDS:** Asphalt mix; polypropylene fiber; performance; fiber concentrations.

### INTRODUÇÃO

O asfalto é um material amplamente utilizado como revestimento em estradas e áreas pavimentadas, proporcionando durabilidade, resistência ao desgaste e facilidade de manutenção (FATALI, 2023). No entanto, seu uso pode ter impactos ambientais negativos, como poluição do ar e da água, e impermeabilização do solo (BALBO, 2007).

A fibra de polipropileno, uma fibra sintética leve, resistente e durável, é comumente utilizada como reforço em pavimentos asfálticos, melhorando suas propriedades mecânicas e de desempenho (TRINDADE ET AL., 2005). A adição de fibras de polipropileno ao asfalto aumenta sua resistência à fadiga e deformação permanente, reduzindo a formação de trincas e melhorando a aderência entre as camadas, a drenagem e a vida útil do pavimento (TRINDADE ET AL., 2005).

Além disso, o asfalto com fibra de polipropileno é menos suscetível a danos causados por mudanças de temperatura e tráfego pesado, resultando em um pavimento mais durável e resistente. Essa opção de pavimento durável e econômica contribui para a melhoria da qualidade das estradas, redução dos custos de manutenção e aumento da segurança e eficiência da mobilidade urbana (SCHUH, 2019).

O asfalto desempenha um papel crucial na infraestrutura e desenvolvimento de um país, proporcionando vias seguras e confortáveis, além de gerar empregos e impulsionar a economia (PINTO, 1998).

O Método Marshall, desenvolvido por Bruce Marshall em 1939, é utilizado para determinar as características ideais de uma mistura asfáltica por meio de ensaios em Corpos de Prova Marshall (CPMs). Esses ensaios avaliam a resistência à deformação plástica e a força de tração dos CPMs, permitindo a determinação da quantidade adequada de agregados, ligante asfáltico e aditivos para garantir a qualidade e durabilidade da mistura (CAVA, 2018).

### MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho tem como propósito comparar e caracterizar o asfalto à quente convencional e o asfalto à quente com acréscimo de fibra de polipropileno. Todos os ensaios e parte dos materiais utilizados foram obtidos no Laboratório Interdisciplinar de Engenharias da Universidade Paulista (UNIP), Campus Asa Sul, em Brasília-DF.

Para a pesquisa, foram selecionados os materiais necessários para a produção dos corpos de prova de asfalto. Os materiais utilizados incluíram agregado graúdo (brita 3/4" e brita 3/8"), agregado miúdo (pó de brita), cal dolomítica, fibra de polipropileno reciclada e cimento asfáltico de petróleo (CAP 50/70), adquirido comercialmente. Também foram utilizadas pás metálicas, recipientes para mistura, balança de precisão, peneiras metálicas para análise granulométrica dos agregados, moldes cilíndricos para a confecção dos corpos de prova e equipamentos específicos para a realização dos ensaios.

 No trabalho proposto, foram produzidas 4 amostras diferentes, sendo adotado 4 categorias de tratamentos, conforme quadro 1.

Quadro 1: Proporções de Materiais para Produção dos Corpos de Prova de Asfalto.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Traço Asfalto** | **CP 01** | **CP 02** | **CP 03** | **CP 04** |
| **Brita 3/4"** | 21% | 21% | 21% | 21% |
| **Brita 3/8"** | 22% | 22% | 22% | 22% |
| **Pó de Brita** | 55% | 55% | 55% | 55% |
| **Cal**  | 2% | 2% | 2% | 2% |
| **Fibra de Polipropileno** | 0% | 0,50% | 1% | 1,50% |
| **CAP 50/70** | 5,50% | 5,50% | 5,50% | 5,50% |

Fonte: Autor, 2023.

 O tratamento 1 (CP 01), foi utilizado o método tradicional de asfalto à quente para fins comparativos das amostras principais, sendo a utilização do ligante escolhido, CAP 50/70, agregado miúdo, agregado graúdo e o cal. O 2º tratamento (CP 02) adotou-se a adição de 0,50% de fibra de polipropileno na mistura, para meios de pesquisa, dessa forma, os insumos foram os mesmos do primeiro tratamento, diferenciado apenas pela utilização da fibra, seguindo nos demais tratamentos, que por sua vez, adotaram 1% (CP 03) e 1,5% (CP 04).

O preparo do asfalto foi realizado seguindo as proporções de mistura determinadas por Schuh (2019), considerando as normas técnicas e a adição de fibra de polipropileno em diferentes quantidades. Foram avaliados os diferentes teores de fibra através de um plano de experimentos. A granulometria dos agregados foi determinada conforme as faixas de trabalho estabelecidas pela norma DNIT-ES 031/2006. Essa norma define a escolha da faixa com base no diâmetro máximo dos agregados, sendo a espessura da camada menor que dois terços desse diâmetro máximo. Schuh (2019) utilizou a faixa "C" como referência. Além disso, foram determinados a penetração e viscosidade do ligante, bem como o teor de umidade do agregado, por meio de ensaios que requerem equipamentos específicos e seguem as normas padronizadas.

No trabalho proposto, o Método Marshall foi adotado como referência, pois é amplamente utilizado no projeto de misturas asfálticas para pavimentação de rodovias, aeroportos, estacionamentos e outras obras de infraestrutura (CAVA, 2018). Os corpos de prova para o ensaio Marshall devem ter diâmetro de 101,6 mm e altura de 63,5 mm, conforme estabelecido pela norma NBR 9895 (CAVA, 2018). Após obter a proporção dos materiais e as referências do método Marshall, os agregados miúdos e graúdos foram separados para análise de granulometria utilizando uma sequência de peneiras. Os materiais foram pesados e separados de acordo com a distribuição dos agregados. A temperatura de compactação da mistura também foi considerada, seguindo a faixa de 107ºC a 177ºC para o ligante e 10 a 15ºC acima da temperatura do ligante para os agregados, desde que não ultrapassem 177ºC (Bernucci et al., 2008). Após atingir as temperaturas adequadas, os materiais foram misturados em um recipiente metálico até obter uma mistura homogênea. Em seguida, o ligante foi adicionado e a mistura foi compactada nos moldes cilíndricos dos corpos de prova. O ensaio Marshall foi realizado utilizando o aparelho de compactação Soquete Proctor com um peso de 10 libras (4,54 kgf) e aplicando 75 golpes em cada face do corpo de prova.

Para desmoldar os corpos de prova, foram deixados em repouso à temperatura ambiente por 24 horas. Após a desmoldagem, as dimensões dos corpos de prova foram medidas, incluindo altura e diâmetro.

Por fim, para uma análise mais precisa, se fez necessário realizar o ensaio de caracterização da mistura, avaliando as propriedades mecânicas e de durabilidade da mistura asfáltica com e sem a adição de fibra de polipropileno. Entre os ensaios recomendados, realizou-se o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, calculada por meio da seguinte equação:

σ𝑅 = (2𝐹)/ 𝜋.𝐷.h

Onde:

σR = resistência à tração (kgf/cm²)

F = carga de ruptura (kgf)

D = diâmetro do corpo de prova (cm)

H = altura do corpo de prova (cm)

O ensaio deve seguir os seguintes processos: atingir a temperatura de 25ºC, é necessário que o CP seja colocado em uma estufa ou em um sistema de refrigeração por um período de duas horas. Em seguida, o corpo de prova deve ser levado à prensa de ensaio e ajustado com o uso dos pratos para que possa manter sua posição. A carga deve ser aplicada gradualmente, com uma velocidade entre 0,8 e 0,1 mm/s, até que ocorra a ruptura do corpo de prova, momento em que deve ser registrado o valor da força de ruptura (F).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Para obter os resultados, o processo começou com a aferição das medidas dos corpos de prova. Verificou-se que tinham 12,5 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Em seguida, colocou-se os corpos de prova na prensa hidráulica Emic, conforme figura 1, onde foi medida a resistência à tração por compressão diametral em KN.

Figura 1: Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

### Prateleira com produtos  Descrição gerada automaticamente com confiança média

Fonte: Autor, 2023.

### Adiante, apresenta-se na tabela 1, os valores obtidos para cada corpo de prova. O corpo de prova 01, utilizado como referência e sem adição de fibras de polipropileno, apresentou uma carga de ruptura de 1,05 KN na prensa. Utilizando a equação σR=(2\*f)/πDH, obteve-se uma resistência à tração (RT) de 0,55 kgf/cm². No corpo de prova CP 02, que teve a adição de 0,5% de fibra de polipropileno, observou-se um aumento de 196,36% em relação ao CP 01, como esperado. Já no CP 03, com a adição de 1% de fibra, o aumento foi de 410,91% em relação ao CP 01. Por fim, o corpo de prova CP 04 apresentou um aumento de RT de 843,64% em relação ao CP 01.

Tabela 1: Valores Obtidos no Ensaio de Tração à Compressão Diametral

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corpo de prova** | **Fibra de Polipropileno**  | **Carga Aplicada (KN)**  | **Resistência à tração (Kgf/cm²)** | **Diferença em % a resistência dos CP’s em relação ao (CP 01)** |
| CP 01 | 0% | 1,05 | 0,55 |   |
| CP 02 | 0,5% | 3,19 | 1,63 | 196,36% |
| CP 03 | 1% | 5,52 | 2,81 | 410,91% |
| CP 04 | 1,5% | 10,18 | 5,19 | 843,64% |

Fonte: Autor, 2023.

### Com base nos resultados, a adição de 1,5% de fibras de polipropileno no corpo de prova CP 04 demonstrou a maior resistência à tração por compressão diametral, indicando que a inclusão dessas fibras aumentou significativamente a resistência da mistura asfáltica. As fibras de polipropileno atuam como reforço mecânico, distribuindo a tensão na mistura e reduzindo a formação de trincas e fissuras, resultando em uma maior resistência à deformação permanente e uma vida útil prolongada do pavimento (TRINDADE et al., 2005).

### No entanto, é importante destacar que o aumento excessivo na adição de fibras de polipropileno pode prejudicar as propriedades mecânicas da mistura asfáltica. O excesso de fibras pode tornar a mistura mais rígida, comprometendo sua capacidade de deformação elástica, portanto, é necessário encontrar um equilíbrio na quantidade de fibras adicionadas para garantir um desempenho adequado da camada asfáltica.

### CONCLUSÃO

### Com ênfase nos resultados deste estudo, pode-se concluir que a adição de fibras de polipropileno em misturas asfálticas à quente pode melhorar significativamente a resistência à fadiga e à deformação permanente do pavimento asfáltico. O tratamento com a adição de 1,5% de fibra apresentou a melhor resistência à tração por compressão diametral, sugerindo que essa concentração pode ser a mais adequada para uso em pavimentos asfálticos. Esses resultados são promissores e podem indicar uma solução viável para melhorar o desempenho do pavimento asfáltico e prolongar sua vida útil. No entanto, é importante ressaltar que mais pesquisas e testes em campo são necessários para confirmar esses resultados e avaliar a viabilidade econômica da adição de fibras de polipropileno em misturas asfálticas, tendo em vista que, não foram possíveis aderir no estudo proposto, os demais ensaios normatizados.

**AGRADECIMENTOS**

## Os autores agradecem a UNIP de Brasília, a Professora Rose, o Instrutor de laboratório, Henrique, e aos envolvidos do grupo, pela ajuda no desenvolvimento deste artigo científico.

### REFERÊNCIAS

BALBO, J.T. **Pavimentação Asfáltica**: **materiais, projeto e restauração**. 1ed., São Paulo, 2007.

BERNUCCI, L.; MOTTA, L. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica:** **Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobrás: ABEDA, 2010. 504 p.

BERNUCCI, L.D. et al. **Pavimentação Asfáltica**- Formação Básica para Engenheiros. 1ed., Rio de Janeiro/RJ, 2008.

CAVA, Felipe. **Como realizar a dosagem de misturas asfálticas pelo Método Marshall**. 2018. Disponível em: https://alemdainercia.com/2018/08/29/como-realizar-a-dosagem-de-misturas-asfalticas-pelo-metodo-marshall/. Acesso em: 09 mar. 2023.

FATALI CONSTRUÇÃO E PAVIMENTAÇÃO**. Asfalto à Quente**: **ASFALTO QUENTE CBUQ**. Ca 2023. Disponível em: https://www.fatali.com.br/comprar-asfalto-quente. Acesso em: 03 mar. 2023.

PINTO, Salomão. **Materiais Pétreos e Concreto Asfáltico:** **Conceituação e Dosagem**. Departamento de Engenharia de Fortificação, IME – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 81p. 1998.

SCHUH, Gabriel André. **AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE FIBRA DE POLIPROPILENO EM MISTURAS ASFÁLTICAS À QUENTE**. 2019. 89 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - Unijuí, Ijuí, 2019. Disponível em: https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/6434/Gabriel%20Andr%C3%A9%20Schuh.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 04 mar. 2023.

TRINDADE, T.P.; IASBIK, I.; LIMA, D.C.; BUENO, B.S; MINETTE, E. Latossolo. **Concreto Asfáltico** **reforçado com fibras de polipropileno de distribuição aleatória:** **estudo realizado com amostras de grandes dimensões.** REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto/MG, 2005.