



**26º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR)
49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)**

**ASFALTO REJUVENESCIDO BENEFICIADO A FRIO PARA USO EM OPERAÇÃO
TAPA BURACOS**

*José Rodolfo Rodrigues¹
Renata Monte²*

RESUMO

O processo de pavimentação utilizado no Brasil atualmente em sua grande maioria consiste na pavimentação asfáltica, sendo utilizado o cimento asfáltico de petróleo (CAP) como matéria prima principal para a execução do concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) utilizando grande demanda energética em sua usinagem. No processo de manutenção, normalmente é feita a fresagem do material deteriorado e aplicação de nova camada de CAUQ no trecho solicitado. O material fresado, contendo a porcentagem do CAP aplicado inicialmente tem sido descartado, e até mesmo um problema para a estocagem / descarte. Diante disso, o intuito deste estudo é avaliar a eficiência do asfalto reciclado, oriundo da mistura do RAP (reclaimed asphalt pavement) e um rejuvenescedor, reativando as características iniciais do CAP e aplicação na operação tapa buracos na cidade de São Paulo / SP.

PALAVRAS-CHAVE: asfalto rejuvenescido; rejuvenescedor; asfalto frio; RAP; tapa buracos; pavimentação; reparos.

ABSTRACT

The paving process used in Brazil currently mostly consists of asphalt paving, using petroleum asphalt cement (CAP) as the main raw material for the execution of hot-machined asphalt concrete (CAUQ) using great energy demand in its machining. During the maintenance process, the damaged material is normally milled and a new layer of CAUQ is applied to the requested section. The milled material, containing the percentage of CAP initially applied, has been discarded, and even a problem for storage/disposal. Therefore, the purpose of this study is to evaluate the efficiency of recycled asphalt, derived from the mixture of RAP (reclaimed asphalt pavement) and a rejuvenator, reactivating the initial characteristics of CAP and application in the pothole filling operation in the city of São Paulo / SP.

KEY WORDS: rejuvenated asphalt; rejuvenating; cold asphalt; RAP; fill holes; paving; repairs.

¹ Engenheiro Civil da Concremat Engenharia e Tecnologia S/A, Mestrando em Inovação na Construção Civil - USP, jose.rodolfo@concremat.com.br, ² Professora Doutora, Departamento de Engenharia de Construção Civil - USP, renata.monte@usp.br



Caracterização do Objeto do Estudo

O estudo de caso trata da avaliação do uso de “Asfalto Rejuvenescido Beneficiado a Frio” na operação tapa buraco do município de São Paulo / SP. Realizado pela Concremat Engenharia e Tecnologia S/A, em parceria com o Departamento de Zeladoria Urbana – DZU da Prefeitura Municipal de São Paulo – PMSP.

Processo de Pavimentação

Os processos e materiais utilizados atualmente no Brasil, sejam urbanos ou rodoviários, são na sua grande maioria do tipo flexível com utilização de materiais asfálticos oriundos do petróleo em processos envolvendo grandes usinas e processos com altas temperaturas e grande demanda energética. O concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) nada mais é que a mistura de agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo (CAP) em proporções previamente estipuladas. Com o passar do tempo, com a oxidação do CAP, o pavimento vai perdendo suas características originais, passando a não suportar mais as cargas e deformações solicitadas, sendo necessário a manutenção.

A grande maioria dos processos de manutenção de pavimentos asfálticos consiste na fresagem (retirada) da camada asfáltica aplicada e recomposição por uma nova camada de rolamento. Esse material retirado, normalmente por fresadoras de grande ou pequeno porte, é chamado de RAP (reclaimed asphalt pavement ou pavimento asfáltico recuperado).

O destino final do RAP tem sido um problema para descarte adequado, podendo ser notado grandes estoques ao longo de rodovias ou pilhas de grandes dimensões encontradas nas grandes cidades.

O RAP ainda contém a parcela de CAP utilizada na produção do CAUQ original, material nobre utilizado como ligante dos agregados e que permite que o asfalto tenha a durabilidade e capacidade de suporte conhecidos.

Processo de Beneficiamento

Para o processo de beneficiamento do RAP e obtenção da mistura final, procedeu-se as seguintes etapas:

- Britagem do RAP, caso apresente torrões ou diâmetros muito maiores que o traço desejado;
- Classificação do RAP de acordo com a granulometria pretendida. No caso deste teste, o material passou pela peneira $\frac{3}{4}$ ” para enquadrar mistura da Faixa IV da PMSP;
- Ensaio para obtenção de teor de betume do RAP;
- Mistura em betoneira do RAP com aditivo conforme especificações do fabricante;
- Aguardar tempo de cura conforme especificações do fabricante;
- Aplicação.



Aditivo Rejuvenescedor

No estudo foram avaliados aditivos rejuvenescedores de 2 fabricantes distintos, seguindo orientações e especificações de cada produto. Os aditivos foram denominados A e B, com as informações da mistura apresentados a seguir.

Aditivo Fabricante “A”

- RAP utilizado com 5,4% de teor de betume;
- Usado 3,75% de aditivo em relação ao peso do RAP (foi desconsiderado o teor de betume conforme orientações do fabricante).

Aditivo Fabricante “B”

- RAP utilizado continha 5,5% de teor de betume;
- Foi utilizado 25% de aditivo em relação ao peso do CAP.

A Tabela 1 apresenta os resultados de ensaios obtidos com a mistura reciclada utilizando o aditivo rejuvenescedor do fabricante A.

Material	Percentual Aditivo sobre o RAP	Ensaio Marshall DNER ME 43/95		Resistência à Tração por Compressão Diâmetral DNIT ME 136/2018 (MPa)
		Estabilidade (kN)	Fluência (mm)	
Idade 0 Dias				
Mistura Asfáltica	3,75%	-	-	-
Idade 10 Dias				
Mistura Asfáltica	3,75%	1,8	5,3	0,25
Idade 30 Dias				
Mistura Asfáltica	3,75%	2,2	5,3	0,3

Tabela 1 – Ensaios mecânicos da mistura reciclada (Fabricante “A”).

A Tabela 2 apresenta os resultados de ensaios obtidos com a mistura reciclada utilizando o aditivo rejuvenescedor do fabricante B.



Material	Percentual Aditivo Sobre o CAP	Ensaio Marshall DNER ME 43/95		Resistência à Tração por Compressão Diâmetral DNIT ME 136/2018 (MPa)
		Estabilidade (kN)	Fluência (mm)	
Idade 0 Dias				
Mistura Asfáltica	25%	1,7	5,1	0,27
Idade 10 Dias				
Mistura Asfáltica	25%	2,0	5,1	0,27
Idade 30 Dias				
Mistura Asfáltica	25%	2,8	4,3	0,30
Idade 60 Dias				
Mistura Asfáltica	25%	3,2	3,9	0,36

Tabela 2 – Ensaios mecânicos da mistura reciclada (Fabricante “B”)

Estudo de Caso

Paralelamente às análises dos materiais em laboratório foi realizada a aplicação do material beneficiado em reparos de duas vias do município de São Paulo.

Aplicação de Mistura Beneficiada com aditivo Fabricante “A”

A equipe da Zeladoria Urbana da SMSUB selecionou um reparo na Avenida Cruzeiro do Sul, altura do nº 190, via com grande fluxo de veículos para execução, conforme critérios usados na operação tapa-buraco da cidade de São Paulo, trocando a mistura asfáltica comumente usada para esta operação (Faixa IV PMSP) pelo asfalto beneficiado a frio objeto deste relatório.

As Figuras 1 a 3 ilustram as etapas do procedimento de execução dos reparos.

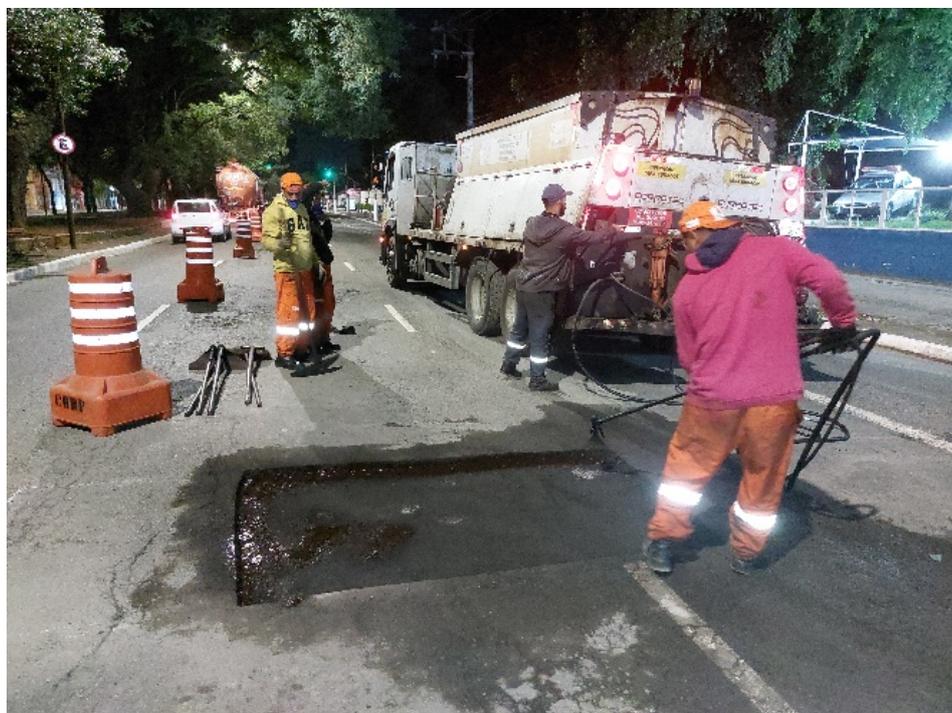


Figura 1 - Execução da pintura de ligação para realização do reparo com a mistura asfáltica com o aditivo A.

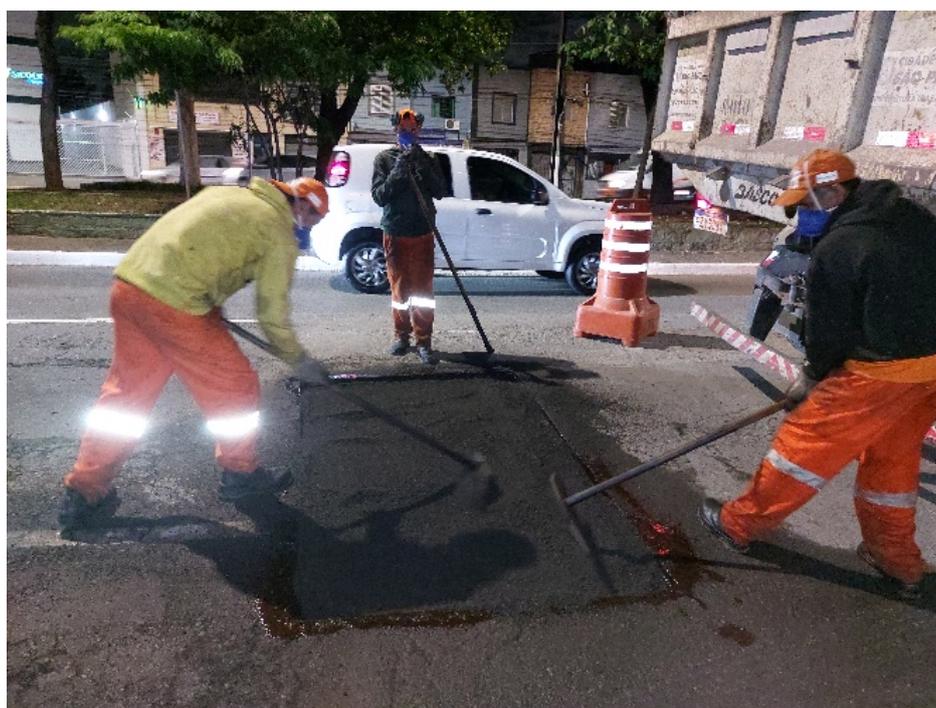


Figura 2 - Aplicação de mistura asfáltica beneficiada a frio com com o aditivo A.



Figura 3 - Compactação com rolo compactador vibratório.

A aplicação da mistura asfáltica beneficiada com o aditivo do Fabricante A apresentou um bom acabamento superficial, porém foi observado indícios de desagregação logo após a compactação. Após a liberação do tráfego o material prosseguiu no processo de desagregação, não apresentando resistência mínima necessária para operação e foi completamente removido.

Aplicação de Mistura Beneficiada com aditivo Fabricante “B”

Para essa aplicação foi selecionado um reparo no interior do pátio da Zeladoria Urbana (DZU) localizado na Avenida Ana Pappini Guaranha, 69, entrada do pátio e passagem de caminhões para carga e descarga, para exceção conforme critérios usados na operação tapa-buraco da cidade de São Paulo, trocando a mistura asfáltica comumente usada para esta operação (Faixa IV PMSP) pelo asfalto beneficiado a frio objeto deste relatório.

Nas Figuras 4 a 6 podem ser observadas as etapas do procedimento de execução dos reparos.



Figura 4 - Execução da pintura de ligação para realização do reparo com a mistura asfáltica com o aditivo B.



Figura 5 - Aplicação de mistura asfáltica beneficiada a frio com o aditivo B.



Figura 6 - Compactação com rolo compactador vibratório.

O reparo realizado com a mistura asfáltica beneficiada com o aditivo do Fabricante B resultou características muito similares com o CAUQ, não sendo observado desagregação de material. O pavimento foi liberado para o tráfego na sequência e segue em operação.

Considerações finais

Neste estudo foram avaliadas duas misturas asfálticas produzidas por reciclagem a frio com dois aditivos rejuvenescedores fornecidos por dois fabricantes. Após a realização de ensaios de caracterização básica das misturas essas foram utilizadas para reparos em duas vias da cidade de São Paulo. Os resultados mostraram que o reparo realizado com a mistura asfáltica produzida com o aditivo rejuvenescedor do Fabricante “A” desagregou após a compactação e o reparo precisou ser removido. Já a mistura produzida com o aditivo rejuvenescedor do Fabricante “B” apresentou resistência superior, logo após o beneficiamento e aplicação, com maior nível de estabilidade ao longo do tempo de acompanhamento. O uso de misturas asfálticas recicladas a frio com aditivo rejuvenescedor é uma alternativa promissora, especialmente pelo ganho ambiental que proporciona. No entanto, ainda carece de estudos com mais aditivos rejuvenescedores disponíveis no mercado e variação dos teores aplicados. Além disso, estudos com foco no desenvolvimento de sistemas de controle tecnológico do material são fundamentais para assegurar qualidade na aplicação.



Referências Bibliográficas

- Balbo, J.T. Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.
- Ceratti, J.A.T. Manual de dosagem de concreto asfáltico. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- Senço, W. Manual de técnicas de pavimentação. 2. ed. Vol. 1 São Paulo: PINI, 2007
- Senço, W. Manual de técnicas de pavimentação. Vol. 2 São Paulo: PINI, 2001
- Pessoa, E.J. Manual de obras rodoviárias e pavimentação urbana. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.