

## UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS ALTERNATIVOS EM DIFERENTES FAIXAS GRANULOMÉTRICAS DO MICRORREVESTIMENTO ASFÁLTICO

Davi Torquato Dantas <sup>(1)</sup>

Suely Helena de Araújo Barroso <sup>(2)</sup>

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes (PETRAN)

### RESUMO

O Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MRAF) é um tipo de revestimento aplicado na manutenção preventiva de pavimentos. Como os agregados minerais estão cada vez mais escassos e caros, o objetivo principal desta pesquisa é avaliar a utilização de agregados alternativos (revestimentos asfálticos fresados e cinza pesada) na composição de diferentes faixas granulométricas do MRAF. Para isto, dividiu-se este trabalho em quatro fases. A primeira é composta da coleta e caracterização dos agregados minerais, cinza pesada, material fresado e emulsão. Na segunda fase, serão definidas as composições das misturas para cada faixa granulométrica. Na terceira fase, serão analisados os desempenhos dessas misturas, bem como o atendimento às exigências ambientais. Na última fase, serão comparados os custos do MRAF com e sem os agregados alternativos. Espera-se que seja viável a utilização dos agregados alternativos em serviços de MRAF.

### 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O revestimento é responsável por transmitir os esforços do tráfego às camadas inferiores e conferir impermeabilidade à estrutura do pavimento. É normalmente a camada mais delgada e mais nobre do pavimento, sendo composta por insumos de valor mais elevado. Dessa forma, a sua preservação é fundamental para a manutenção das características originais do pavimento, possibilitando que ele mantenha a capacidade de suporte de carga para a qual foi projetado.

Realizando manutenções preventivas e periódicas nos revestimentos das rodovias, o governo estará prolongando a vida útil do pavimento, reduzindo gastos com intervenções futuras mais onerosas. Neste contexto, o revestimento asfáltico, solução implantada em quase a totalidade das rodovias pavimentadas pelo país, conta com algumas técnicas de rejuvenescimento que vem sendo utilizadas no mundo nas últimas décadas. Entre elas, a que mais se destaca atualmente é o Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MRAF), por conferir rejuvenescimento e impermeabilização aos pavimentos desgastados pelo tráfego e envelhecidos pela oxidação natural do betume, além de lhes conferir uma ótima textura superficial.

Segundo Castro (2014), o MRAF tem como funções estabelecer as condições ideais da superfície de rolamento, eliminar a perda do material pétreo do pavimento desgastado e retardar a reflexão de trincas, prolongando a vida útil do pavimento desgastado. De acordo com Uhlman *et al.* (2010), o emprego do MRAF na manutenção de pavimentos é considerado um sistema ecologicamente correto, gerando uma redução no consumo energético de até 40% quando comparado com soluções que utilizam misturas a quente. No caso dessas soluções, há a necessidade do aquecimento do ligante e dos agregados e nesse processo de aquecimento ocorre liberação de gases tóxicos para a atmosfera provenientes da queima de combustível.

Com o intuito de minimizar os gastos com manutenção de rodovias, surgiu a necessidade de se estudar a possibilidade de incorporação de materiais alternativos mais econômicos que os agregados convencionais usados na composição do MRAF. Dentro desse intuito, a presente pesquisa analisará a viabilidade de se empregar cinza pesada e fresado de revestimento asfáltico na composição do microrrevestimento.

Para SINGH (2015), as cinzas pesadas são um subproduto da queima do carvão mineral em termelétricas que possuem superfície angulares, irregulares, porosas, ásperas e com aparência e distribuição de tamanho de partícula semelhante às de areia de rio. A densidade das cinzas pesadas varia de 1,20 a 2,47, a depender da origem e do tipo de carvão utilizado no processo. Esse material apresenta densidade reduzida e textura porosa que prontamente se degrada sob a ação de carga ou da compactação. Os fatores que afetam as propriedades das cinzas pesadas são: grau de pulverização do carvão; temperatura de queima no forno e tipo de forno.

Já o material fresado asfáltico é o subproduto da fresagem da camada de revestimento do pavimento. De acordo com Bonfim (2011), o termo fresagem pode ser definido como o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento, com espessura pré-determinada, por meio de processo mecânico realizado a quente ou a frio, empregado como intervenção visando à restauração de pavimentos. Segundo Bonfim (1999), a granulometria do material fresado pode variar de acordo com a velocidade do equipamento e a profundidade de corte definida.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Fase 01: coleta e caracterização dos materiais**

A primeira fase contempla a coleta e a caracterização do fresado do revestimento asfáltico, bem como da cinza pesada (rejeito de termelétricas) que são advindas da Usina Termelétrica Energia Pecém, localizada no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP). Os agregados minerais utilizados serão da pedra Pyla localizada no município de Caucaia-CE.

Os agregados, sejam minerais ou alternativos, representam cerca de 95% da composição do MRAF. Dessa forma, a qualidade do agregado é fator preponderante para que se obtenha o MRAF com boa resistência e vida útil. Para garantir essa qualidade, serão realizados os ensaios com agregados previstos pela especificação do DNIT ES 035/2005 que são o de desgaste Los Angeles (DNER ME 035/98), o de durabilidade (DNER ME 089/94), o equivalente de areia (DNER ME 054/97) e análise granulométrica (DNER-ME 083/98). Além desses, também serão executados os ensaios de índice de forma (DNER ME 086/94), de densidade real (DNER ME 084/95) e de azul de metileno (NBR 14949/2003).

Já os ensaios a serem realizados associados à aceitação da emulsão de acordo com a especificação DNIT-ES 035/2005 são os de Viscosidade Saybolt Furol (NBR 14491/2000), de Sedimentação (DNER – ME 006/2000), de Peneiração (NBR 14393/99), de Carga de partícula (NBR 6567/2000), de Resíduo por evaporação (NBR 14376/2007), de Determinação do pH (NBR 6299/99), de Penetração (DNER – ME 003/99), de Recuperação elástica (DNER – ME 382/99) e de Ponto de amolecimento (NBR 6560/2008).

### **2.2. Fase 02: moldagem e dosagem dos corpos de prova de MRAF**

A partir dos resultados da Fase 01, serão estabelecidos limites de utilização dos agregados alternativos para o enquadramento nas faixas granulométricas da especificação DNIT-ES 035/2005. Em seguida, serão determinados os teores de projeto de emulsão para o MRAF composto apenas com agregados minerais nas faixas I, II e III da especificação.

Posteriormente, será avaliada a viabilidade técnica do emprego dos agregados alternativos (cinzas e fresado) na composição do MRAF a partir de dosagens iniciais. Demonstrada a viabilidade técnica de utilização, serão determinados os teores de projeto de emulsão para o

MRAF utilizando os agregados alternativos dentro dos limites estabelecidos no primeiro passo dessa fase nas faixas I, II e III da especificação DNIT-ES 035/2005.

### 2.3. Fase 03: análise de desempenho dos corpos de prova moldados e análise ambiental

Na terceira fase, serão realizados os seguintes ensaios de desempenho para cada composição: perda por abrasão úmida (WTAT) (NBR 14746/2001), adesão de areia (LWT) (NBR 14841/2002), adesividade da mistura (NBR 14757/2001) e determinação da coesão e das características de cura pelo coesímetro (NBR 14798/2002). Concluídos os ensaios de desempenho, serão realizados os ensaios tradicionais de Solubilização (NBR 10006/2004) e de Lixiviação (NBR 10005/2004) para checar se as misturas atendem aos critérios ambientais.

### 2.4. Fase 04: análise da viabilidade financeira do emprego de materiais alternativos

Na última fase, serão realizadas as comparações dos custos dentre as composições estudadas a fim de identificar se há viabilidade financeira de se utilizar agregados alternativos em MRAF.

## 3. RESULTADOS PRELIMINARES

Após coleta e análise granulométrica da brita e das cinzas pesadas, foi possível estabelecer os limites para enquadramento nas três faixas granulométricas da especificação DNIT-ES 035/2005. Posteriormente, serão determinados os teores de emulsão de projeto e realizados os ensaios de desempenho para cada uma das composições apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1:** Composição de agregados do MRAF por faixa granulométrica

FAIXA I (DNIT 035/2005 ES)					FAIXA II (DNIT 035/2005 ES)					FAIXA III (DNIT 035/2005 ES)				
CINZA	PÓ	FILLER	BRITA 1/4'	BRITA 3/8'	CINZA	PÓ	FILLER	BRITA 1/4'	BRITA 3/8'	CINZA	PÓ	FILLER	BRITA 1/4'	BRITA 3/8'
10,0%	65,0%	1,0%	24,0%	0,0%	10,0%	40,0%	1,0%	39,0%	10,0%	10,0%	40,0%	1,0%	29,0%	20,0%
20,0%	55,0%	1,0%	24,0%	0,0%	20,0%	35,0%	1,0%	34,0%	10,0%	20,0%	30,0%	1,0%	29,0%	20,0%
30,0%	40,0%	1,0%	24,0%	0,0%	30,0%	20,0%	1,0%	39,0%	10,0%	30,0%	20,0%	1,0%	29,0%	20,0%
40,0%	35,0%	1,0%	24,0%	0,0%	40,0%	10,0%	1,0%	39,0%	10,0%	40,0%	10,0%	1,0%	29,0%	20,0%
50,0%	25,0%	1,0%	24,0%	0,0%	50,0%	0,0%	1,0%	39,0%	10,0%	50,0%	0,0%	1,0%	29,0%	20,0%

Observa-se na Tabela 1 que foi possível enquadrar cinco percentuais distintos de cinza pesada na composição do MRAF em cada faixa granulométrica, variando-se em 10% até o limite de 50% o peso da cinza pesada em relação ao peso total de agregados. A utilização de um percentual superior a 50% em peso da cinza pesada gerou composições fora dos limites das faixas previstas pelo DNIT. O próximo passo será a determinação do teor ótimo de emulsão da mistura e eventual necessidade de utilização de aditivos retardadores de ruptura para que sejam realizados os ensaios de desempenho das misturas finais.

## 4. CONCLUSÕES ESPERADAS

Espera-se determinar teores ótimos de agregados alternativos (fresado asfáltico e cinza pesada) na composição das três faixas granulométricas do MRAF previstas pelo DNIT, considerando aspectos técnicos, financeiros e ambientais. Com isso, pretende-se reduzir os custos envolvidos na manutenção rodoviária, bem como reduzir os impactos ambientais gerados pela extração de agregados minerais e pela estocagem de rejeitos de termelétricas e da fresagem de revestimentos, além de oferecer alternativas para localidades em que haja pouca incidência de agregados convencionais.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio financeiro da pesquisa através: (i) do CNPq pelo Edital Universal Processo 432432/2016-17 e (ii) à Petrobras por meio da Rede Temática de Asfaltos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEDA - Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos. Manual Básico de Emulsões Asfálticas. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 2010
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14376: Emulsões asfálticas Determinação do resíduo asfáltico por evaporação método expedito. Rio de Janeiro, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14491: Emulsões Asfálticas Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14758: Microrrevestimentos asfálticos Determinação do tempo mínimo de mistura. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14757: Microrrevestimentos e lamas asfálticas Determinação da adesividade de misturas. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14746: Microrrevestimentos a frio e lama asfáltica Determinação de perda por abrasão úmida (WTAT). Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14798: Microrrevestimentos Asfálticos Determinação da coesão e características da cura pelo coesímetro. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14841: Microrrevestimentos a frio Determinação do excesso de asfalto e adesão de areia pela máquina LWT. Rio de Janeiro, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14948: Microrrevestimentos asfálticos a frio modificados por polímero Materiais, execução e desempenho. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15086: Materiais Betuminosos Determinação Da Recuperação Elástica Pelo Ductilômetro. Rio de Janeiro, 2006.
- BONFIM, V. Estudo da Granulometria Resultante da Fresagem de Revestimentos Asfálticos com vistas à reciclagem in situ a frio. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, USP, São Paulo, 1999.
- BONFIM, V. Fresagem de Pavimentos Asfálticos. Exceção Editorial. São Paulo, 2011.
- CASTRO, P. B. Avaliação de Agregados da Região Metropolitana de Fortaleza para Aplicação em Microrrevestimento Asfáltico a Frio. Projeto de Graduação. UFC. Fortaleza, 2011.
- CASTRO, P. B. Avaliação do Emprego de Agregados Alternativos em Microrrevestimento Asfáltico. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará (UFC). Fortaleza, 2014.
- DNER-ME 089/1994: Agregados Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 086/1994: Agregados - determinação do índice de forma. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 084/1995: Agregado miúdo - determinação da densidade real. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 054/1997: Equivalente de Areia. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 083/1998: Agregados - análise granulométrica. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 035/1998: Agregados determinação da abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 003/1999: Material betuminoso determinação da penetração. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 382/1999: Determinação da recuperação elástica de materiais asfálticos modificados por polímeros, pelo método do ductilômetro. Rio de Janeiro.
- DNER-ME 006/2000: Emulsões asfálticas Determinação da sedimentação. Rio de Janeiro.
- DNIT-EM 128/2010: Emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos Especificação de material. Rio de Janeiro, 2010.
- DNIT. Pavimentos flexíveis Micro Revestimento Asfáltico a Frio com Emulsão Modificada por Polímero Especificação de Serviço. DNIT ES 035/2005. Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). Surface Rehabilitation Techniques: State of the Practice Desing, Construction and Performance of Micro-Surfacing. Washington. Estados Unidos, 1994.
- REIS, R.M.M. Revestimento Asfáltico Tipo SMA para Alto Desempenho em Vias de Tráfego Pesado. Dissertação de Mestrado., Escola Politécnica/USP, São Paulo, SP, 2002.
- REIS, M. Um Estudo da Influência da Granulometria dos Agregados no Desempenho do Microrrevestimento Asfáltico a Frio quanto ao Deslocamento Lateral e Vertical. Mestrado. UNICAMP. Campinas, 2005.
- SINGH, M. Effect of coal bottom ash on strength and durability properties of concrete. Punjab, 2015. Thesis (Ph. D. Civil Engineering) - Thapar University, India, 2015.
- ULHMAN, B. Eco-Efficiency of Microsurfacing proceedings. AEMA-ARRA-ISSA Annual Meeting. Miami. Estados Unidos, 2010.

---

(1) davitor4@det.ufc.br e (2) suelly@det.ufc.br