

ESTUDO DO DESPLACAMENTO DE MRAF EM RODOVIA DO RIO GRANDE DO SUL: GÊNESE E CORREÇÕES

Study of microsurfacing debonding distress in Rio Grande do Sul highway: genesis and corrections

Rafael Rosa Hallal¹, Márcio da Fonseca Martins², Henrique Otto Coelho³, Luciano Pivoto Specht⁴

Recebido em 06 de outubro de 2017; aceito em 17 de dezembro de 2017; disponível on-line em 07 de março de 2018.



PALAVRAS CHAVE:

Desplacamento;
MRAF;
Rodovia;
Gênese;
Asfalto;

KEYWORDS:

Debonding distress;
Microsurfacing;
Highway;
Genesis;
Asphalt.

RESUMO: Uma das patologias que pode ocorrer após a aplicação do Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MRAF) é o deslocamento nas trilhas de roda. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar um diagnóstico, por meio de observações in loco e registro fotográfico do pavimento, a fim de apontar as prováveis causas dos deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda que ocorreram em um trecho de aproximadamente 24 km em uma rodovia federal de ligação no Rio Grande do Sul. Em um segundo momento, o trabalho buscou avaliar a eficácia de duas técnicas empregadas para correção dos deslocamentos na rodovia em questão: fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de CBUQ nas trilhas de roda e fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de uma nova camada de MRAF nas trilhas de roda. As duas soluções de correção de deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda, adotadas no presente trabalho, foram satisfatórias para as condições em que foi realizado o estudo. A principal contribuição desta pesquisa para a área de transportes é que ela é um case de obra de um tema com pouca documentação técnico-científica e com alto impacto na prática da engenharia.

ABSTRACT: One of the pathologies that can occur after the application of microsurfacing is the debonding distress in the wheel tracks. In this context, the present research had the objective of making a diagnosis, through in situ observations and photographic record of the pavement, in order to point out the probable causes of microsurfacing debonding distress in the wheel tracks that occurred in a stretch of approximately 24 km in a federal highway linking in Rio Grande do Sul. In a second moment, the research tried to evaluate the effectiveness of two techniques used for correction of the debonding distress in the highway in question: standard milling in the thickness of the microsurfacing layer followed by application of CBUQ in the tracks of milling wheel and standard milling in the thickness of the microsurfacing layer followed by application of a new layer of microsurfacing in the wheel tracks. The two solutions of correction of debonding distress of microsurfacing in the tracks of wheel, adopted in the present research, were satisfactory for the conditions in which the study was realized. The main contribution of this research to the area of transport is that it is a case study, a topic with little technical-scientific documentation and with a high impact in engineering practice.

* Contato com os autores:

¹e-mail: rrrhallal@hotmail.com (R. R. Hallal)

Mestre em Engenharia (UFRGS), Analista de Infraestrutura do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Professor Assistente da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

²e-mail: marciofm88@gmail.com (M. F. Martins)

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

³e-mail: hocoelho@ibest.com.br (H. O. Coelho)

Mestre em Engenharia (UFRGS), Analista de Infraestrutura do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Professor Assistente da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

⁴e-mail: luspecht@ufsm.br (L. P. Specht)

Doutor em Engenharia (UFRGS), Professor Adjunto da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

O Microrrevestimento Asfáltico a Frio (MRAF) com emulsão modificada por polímero consiste na associação de agregado, material de enchimento (filler), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, água e aditivos, caso necessário (DNIT, 2005).

A qualidade do MRAF depende de uma série de fatores, dentre os quais se destacam: seleção e caracterização adequadas dos materiais da mistura; usina móvel apropriada para execução de MRAF e equipamentos auxiliares em bom estado de conservação; equipes operacionais capacitadas para a execução e controle da qualidade dos serviços. Inúmeros defeitos podem surgir após a aplicação do MRAF, sendo originados pelos problemas nos agregados, por falhas de aplicação, pelo espalhamento inadequado da mistura, pelo estado do substrato e, também, pelas condições climáticas no momento da aplicação do MRAF (SINICESP, 2014).

Uma das patologias que pode ocorrer após a aplicação do MRAF, embora não muito comum, é o deslocamento do MRAF nas trilhas de roda. Conforme Silva (2008), esse tipo de deslocamento, que ocorre após um período de tempo da execução do MRAF, é causado principalmente pelo tráfego de veículos pesados e, secundariamente, pelas variações térmicas diárias. Estas variações térmicas correspondem à ação do tempo (efeito da temperatura), a qual causa movimentos diferenciais de dilatação e retração entre o MRAF e a camada de revestimento, causando o deslocamento (ou soltura) da (s) camada (s) de MRAF.

Uma das técnicas que pode ser utilizada para correção de deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda é a execução de fresagem padrão na espessura do MRAF (fresadora com profundidade de fresagem ajustada para remover somente as camadas de MRAF) seguida por aplicação de CBUQ nas trilhas de roda. Outra técnica que pode ser utilizada para correção de

deslocamentos de MRAF é a execução de fresagem padrão na espessura do MRAF seguida por aplicação de camada (s) de MRAF nas trilhas de roda.

A fresagem padrão caracteriza-se por utilizar um espaçamento de aproximadamente 15 mm entre os dentes de corte da fresadora (DNIT, 2011).

O estudo da gênese e soluções de correção de deslocamentos de MRAF é um tema que merece atenção, já que, tanto no Brasil quanto no exterior, esse tema carece de pesquisas científicas. Portanto, a principal contribuição desta pesquisa para a área de transportes é que ela é um case de obra de um tema com pouca documentação técnico-científica e com alto impacto na prática da engenharia.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Desenvolvido na Alemanha, no final da década de 1960 e início da década de 1970, o microrrevestimento é uma técnica de manutenção rodoviária que envolve a mistura de agregados, emulsão asfáltica modificada por polímero, enchimentos minerais e água. Introduzido nos Estados Unidos na década de 1980, o microrrevestimento tem sido utilizado em toda a Europa, Austrália e em muitos outros países (BROUGHTON et al., 2012).

Segundo Apaza e Guimarães (2016), o microrrevestimento foi desenvolvido como uma delgada capa para ser usada sobre a superfície do pavimento, com intuito de evitar fissuras em vias de baixo, médio e alto tráfego. Garfa et al. (2016) afirmam que o microrrevestimento é uma técnica de manutenção rodoviária a frio que exige pouca energia e tempo para implementar. Para Gujar et al. (2013) o microrrevestimento é uma técnica de manutenção preventiva ecoeficiente que visa produzir melhorias mais rentáveis em termos de qualidade e vida útil do pavimento.

Labi et al. (2007) ressaltam que a eficácia do microrrevestimento depende principalmente do clima e do tráfego atuante na rodovia. Neste contexto, o microrrevestimento funciona bem em

rodovias de baixo, médio e alto volume de tráfego, podendo durar, em média, 3 a 4 em rodovias de alto volume de tráfego e até 7 anos em rodovias de médio volume de tráfego (WATSON; JARED, 1998).

Broughton et al. (2012) mencionam que o microrrevestimento, após sua aplicação, permite uma rápida abertura ao tráfego, muitas vezes dentro de uma hora ou menos. Outra vantagem do microrrevestimento é que ele, segundo Takamura et al. (2001), proporciona um bom equilíbrio entre custo-benefício e impacto ambiental.

Conforme Ceratti e Reis (2011), embora possa ser utilizado em serviços de manutenção corretiva, o principal campo de aplicação do MRAF é na conservação de pavimentos que apresentam resistência remanescente para suportar o tráfego previsto em projeto, isto é, sem deficiências estruturais e que necessitam rejuvenescimento, impermeabilização e melhoria das condições de atrito e segurança.

Ceratti et al. (2015) mencionam que o microrrevestimento é utilizado em: recuperação funcional de pavimentos deteriorados, restabelecendo as condições de atrito superficial; preenchimento de trilhas de roda pouco profundas, oriundas de camadas de rolamento; correção de pequenas panelas e desgastes superficiais; capa selante (impermeabilização); revestimento de pavimentos de baixo volume de tráfego; e camada intermediária antirreflexão de trincas em projetos de reforço estrutural (CERATTI et al., 2015).

No Brasil, o MRAF é utilizado desde a década de 1990, sendo considerado uma ótima alternativa para manutenção preventiva de pavimentos asfálticos, desde que estes não estejam comprometidos estruturalmente (LUZZI, 2017).

A experiência brasileira tem se concentrado no emprego do MRAF como camada selante, camada de impermeabilização, camada rejuvenescedora e camada antiderrapante (DNIT, 2005).

A primeira experiência de MRAF em rodovia de intenso volume de tráfego,

devidamente monitorada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), data de 1997, quando foi executado o trecho experimental na Rodovia Presidente Dutra (BR-116/SP). Nos anos seguintes, houve crescente interesse dos órgãos e das concessionárias de rodovias, com utilização de MRAF em larga escala, em função dos bons resultados em pista e de sua efetividade econômica no incremento da vida do pavimento (CERATTI e REIS, 2011).

De acordo com Coelho et al. (2016), no âmbito do DNIT, além de serviços tradicionais utilizados nos contratos de manutenção e restauração rodoviária, a utilização de MRAF vem, cada vez mais, ocupando grande percentual dos serviços previstos. Em contratos do tipo PIR IV (Programa Integrado de Revitalização), que tem como objetivo a recuperação funcional do pavimento, e do Programa CREMA (conservação, restauração e manutenção rodoviária), frequentemente têm em suas previsões de soluções técnicas a execução de MRAF em grandes extensões.

Ceratti et al. (2015) descrevem uma série de cuidados durante a execução do MRAF. Um deles é que antes da aplicação do MRAF deverá ser realizada a limpeza prévia da superfície com vassouras mecânicas e/ou jatos de ar comprimido, a fim de evitar a presença de pó ou argilas no substrato. Outro cuidado é que o MRAF não deve ser executado em temperaturas inferiores a 10°C, seja do ar ou do pavimento, em dias de chuva ou caso haja previsão de temperaturas inferiores a 0°C nas 24 horas seguintes. O sistema misturador e de distribuição da usina móvel deverá ser capaz de processar de forma contínua e homogênea, espalhando a massa asfáltica sobre a superfície a ser revestida. A mistura deve ser lançada na caixa distribuidora em movimento na taxa suficiente para manter o MRAF homogêneo e fluído em toda a largura de aplicação (especialmente nas bordas). Além do mais, a distribuição deve se dar numa taxa de aplicação uniforme, regulada em função da altura da caixa em relação à pista e da velocidade de execução.

1.3 OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo realizar um diagnóstico, por meio de observações in loco e registro fotográfico do pavimento, a fim de apontar as prováveis causas dos deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda que ocorreram em um trecho de aproximadamente 24 km em uma rodovia federal de ligação no Rio Grande do Sul. Em um segundo momento, o trabalho buscou avaliar a eficácia de duas técnicas empregadas para correção dos deslocamentos na rodovia em questão: fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de CBUQ nas trilhas de roda e fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de uma nova camada de MRAF nas trilhas de roda. As duas soluções de correção de deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda, adotadas no presente trabalho, foram satisfatórias para as condições em que foi realizado o estudo. A principal contribuição deste trabalho para a área de transportes é que este trabalho é um case de obra, de um tema com pouca documentação técnico-científica e com alto impacto na prática da engenharia.

2. MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho trata-se de uma pesquisa exploratória do tipo estudo de caso, realizada em uma rodovia federal de ligação no Rio Grande do Sul.

Os deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda ocorreram em um trecho de aproximadamente 24 km. Esse trecho havia recebido duas camadas de MRAF, faixa II, no segundo semestre de 2014. Segundo a especificação de serviço 035/2005 do DNIT (DNIT, 2005), a faixa II é indicada para rodovias de tráfego pesado, fato que pode ser observado na rodovia em questão. O tráfego de caminhões é intenso nesta rodovia, pois ela é uma importante rota de escoamento da produção agrícola do Rio Grande do Sul.

Um diagnóstico foi realizado em março

de 2016, sendo feitas visitas por equipes de engenheiros ao trecho, a fim de realizar observações in loco e um registro fotográfico das condições do pavimento.

Para a avaliação do pavimento antes das correções, as equipes de engenheiros percorreram o trecho e realizaram observações, baseadas nas normas de avaliação da superfície de pavimentos asfálticos (DNIT 006/2003-PRO, DNIT 008/2003-PRO e DNIT 009/2003-PRO). Essas observações, por sua vez, deram suporte para que as equipes chegassem a conclusão de qual solução seria mais adequada para correções dos deslocamentos naquela situação.

A Figura 1 mostra uma imagem obtida no local durante a visita, mostrando os deslocamentos.



FIGURA 1: Deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda.
FONTE: Autoria própria (2017).

As duas técnicas de correção de deslocamentos que foram analisadas na área de estudo foram: fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de CBUQ, atendendo a faixa A da especificação 016/91 do DAER (DAER, 1991), nas trilhas de roda e fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de uma nova camada de MRAF nas trilhas de roda. A espessura de fresagem foi ajustada para a retirada apenas da camada de micro revestimento asfáltico, fato de difícil execução prática devido as variações de nivelamentos da pista, principalmente nas trilhas de rodas. A composição do traço de projeto do CBUQ foi constituída dos seguintes materiais: 35 %

de brita 3/8" (pedrisco) e 65 % de pó de pedra. A Figura 2 mostra a composição granulométrica de projeto da mistura asfáltica utilizada.

A Tabela 1 mostra as características Marshall de projeto da mistura asfáltica utilizada no estudo.

A composição do traço de projeto de MRAF foi constituída dos seguintes materiais: 99% em peso de pó de brita de origem granítica

oriundo de uma britagem no município de Capão do Leão/RS, 1 % em peso de filler (cal hidratada tipo CH1) e emulsão RC-1C Flex, com teor de projeto de 10,69 % e teor ótimo residual de 6,63 %. A granulometria dos agregados minerais do traço proposto encaixa-se na faixa II da especificação de serviço 035/2005 do DNIT (DNIT, 2005), cujas faixas de distribuição granulométrica podem ser vistas na Figura 3.

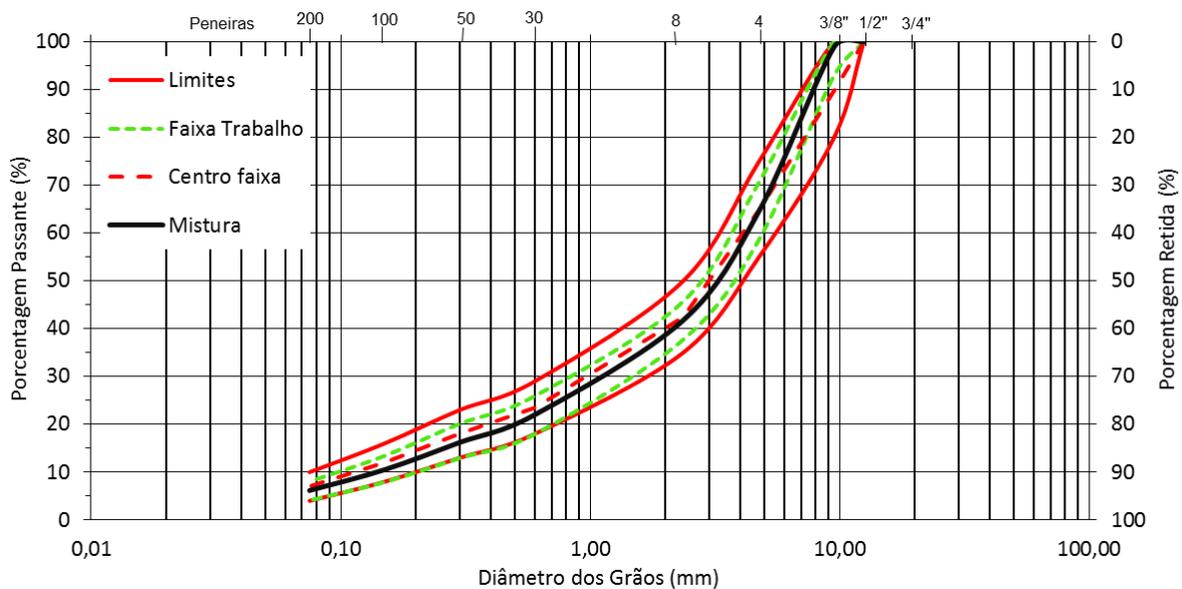


FIGURA 2: Composição granulométrica de projeto da mistura asfáltica utilizada no estudo.

FONTE: Autoria própria (2017).

TABELA 1: Características Marshall de projeto da mistura asfáltica utilizada no estudo.

Características Marshall	Unidade	Especificação		Resultado
		Mínimo	Máximo	
Teor de asfalto	%	5,7	6,3	6
Volume de vazios	%	3	5	3,8
Relação betume/vazios	%	75	82	78
Massa específica aparente da mistura	g/cm ³	-	-	2,296
Vazios do agregado mineral	%	≥ 16	-	17,5
Estabilidade corrigida	Kgf	≥ 800	-	870
Fluência	pol	8	16	13,2

FONTE: Autoria própria (2017).

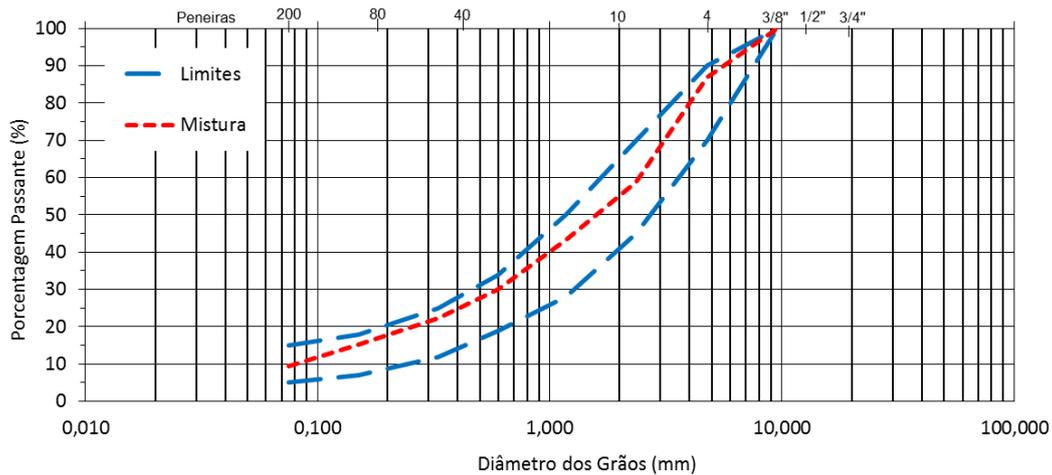


FIGURA 3: Faixas de distribuição granulométrica do MRAF utilizado.

FONTE: Autoria própria (2017).

A fresagem padrão na espessura do MRAF (em torno de 1 cm de espessura) foi executada utilizando uma fresadora a frio modelo W1000L da marca Wirtgen (Figura 4).

Já a limpeza da superfície fresada (Figura 5) foi feita com uma Bobcat equipada com vassoura (Figura 6).

A aplicação do CBUQ (Figura 7) nas trilhas de roda foi feita utilizando uma vibroacabadora modelo AF 4500 da marca Ciber. Essa correção foi aplicada no dia 24 de janeiro de 2017. Logo, o tempo transcorrido até o momento da avaliação foi de 279 dias.



FIGURA 4: Fresadora utilizada.

FONTE: Autoria própria (2017).



FIGURA 5: Superfície fresada.

FONTE: Autoria própria (2017).



FIGURA 6: Limpeza da superfície fresada com Bobcat.

FONTE: Autoria própria (2017).



FIGURA 7: Aplicação do CBUQ nas trilhas de roda utilizando uma vibroacabadora.

FONTE: Autoria própria (2017).

A aplicação do MRAF nas trilhas de roda foi feita utilizando uma usina móvel modelo UHR 700 H da marca Romanelli. Essa correção foi aplicada no dia 06 de junho de 2017. Logo, o tempo transcorrido até o momento da avaliação foi de 146 dias (Figura 8).



FIGURA 8: Aplicação do MRAF nas trilhas de roda utilizando usina móvel.

FONTE: Autoria própria (2017).

Para a avaliação do pavimento após as correções, as equipes de engenheiros percorreram novamente o trecho e realizaram novas observações, também baseadas nas normas de avaliação da superfície de pavimentos asfálticos (DNIT 006/2003-PRO, DNIT 008/2003-PRO e DNIT 009/2003-PRO). Essas observações, por sua vez, deram suporte para que as equipes pudessem concluir se os resultados das correções foram satisfatórios ou não.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As observações in loco e o registro fotográfico permitem as seguintes observações relativas à origem e evolução dos deslocamentos no MRAF:

- Inicialmente verificou-se o surgimento de manchas superficiais com leve espelhamento de ligante para superfície, indicando não homogeneidade do material asfáltico (emulsão/CAP);
- Nos locais de concentração de ligante inicia-se um processo de deformação plástica (escorregamento localizado) do material, com ocorrência de trincas parabólicas, de

cisalhamento;

- Após a ocorrência da deformação plástica foi observada a diminuição da espessura do micro revestimento nos locais da patologia;
- Na medida em que esse processo evolui, mais acentuadamente nas trilhas de roda, pela ação do tráfego, aparecem trincas mais severas e a fina camada resultante do MRAF se esfarela e começa a se desprender do substrato.

Cabe salientar aqui que os problemas de deslocamentos ocorreram após um período chuvoso com registro de grandes eventos de precipitação, que pode ter contribuído no processo da patologia.

As seis prováveis causas para os deslocamentos nas trilhas de roda que ocorreram na área de estudo são:

- I. Problemas com a aderência do MRAF à superfície do substrato antigo;
- II. Deficiência da adesividade da emulsão asfáltica ao material pétreo empregado;
- III. Dosagem inadequada do MRAF, com excesso de material fino e/ou material asfáltico;
- IV. Aplicação do MRAF em condições climáticas desfavoráveis, como frio e/ou umidade;
- V. Aplicação do MRAF em superfície demasiadamente fissurada por fadiga ou com afundamentos em trilha de roda excessivos;
- VI. Problemas na usina de MRAF.

A primeira provável causa pode ser descartada em função da existência de segmentos dentro do trecho em estudo sem o referido problema, em que se supõe ter o substrato mesma afinidade físico-química com o MRAF.

O problema de adesividade do agregado à emulsão asfáltica não parece ter colaborado para o surgimento dos deslocamentos uma vez que em outros segmentos não afetados pelo mesmo processo, o MRAF foi executado com agregado de mesma pedra e emulsão asfáltica polimérica de mesma procedência.

Pelo observado no relatório de dosagem do MRAF empregado no segmento em questão, a

gradação granulométrica aplicada nos referidos segmentos parece ser muito fina, o que poderia de alguma forma, contribuir para o surgimento dos defeitos observados no campo. Quanto à dosagem de ligante asfáltico, esta parece ser adequada, mas ligeiramente elevada em decorrência da elevada superfície específica do material pétreo que era muito fino. Todavia, o referido projeto atende todos os requisitos normativos estabelecidos pelo DNIT.

Conforme informações fornecidas pelos envolvidos na obra, a quarta provável causa também pode ser descartada. A gênese e frequência dos problemas observados em campo corrobora com tal informação.

Em relação a quinta provável causa, verificou-se que o segmento não apresentava problemas estruturais tampouco trincas tipo FC2 e FC3 ou afundamentos em trilhas de roda incompatíveis com aplicação de MRAF. Na visita de campo foram observadas trincas isoladas, possivelmente de retração do solo-cimento, encontrado neste e outros trechos da rodovia. Em segmentos contíguos com condições semelhantes de substrato, defeitos e deflexões a aplicação do MRAF obteve sucesso. Vale mencionar que a obsolescência do projeto (datado de 2012) não justificam as patologias observadas, uma vez que o tráfego e o intemperismo atuam de maneira análoga nestes segmentos contíguos e de distinto desempenho.

Dessa forma, as causas de 1 a 5 foram descartadas, pois foram controladas. Possivelmente, a causa mais provável é a sexta. Problemas na usina de MRAF, como na bomba de emulsão (motor, correia, etc.) podem ter distribuído o ligante asfáltico de maneira não uniforme na caixa misturadora, causando um fluxo inconstante de emulsão, que resultou em excesso de ligante em alguns pontos, levando ao escorregamento e, posterior, deslocamento do MRAF nas trilhas de roda.

Como causas menores e, também, concorrentes, pode-se ainda aventar a faixa granulométrica fina do MRAF e as condições climáticas durante a execução dos serviços.

A Figura 9 mostra o resultado da primeira solução empregada: fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de CBUQ, atendendo a faixa A da especificação 016/91 do DAER (DAER, 1991), nas trilhas de roda.



FIGURA 9: Resultado da primeira solução empregada para a recomposição da camada asfáltica danificada.

FONTE: Autoria própria (2017).

A Figura 10 mostra o resultado da segunda solução empregada: fresagem padrão na espessura da camada de MRAF seguida por aplicação de uma nova camada de MRAF nas trilhas de roda.



FIGURA 10: Resultado da segunda solução empregada.

FONTE: Autoria própria (2017).

Pode-se concluir que as duas soluções de correção de deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda, adotadas no presente trabalho, foram satisfatórias para as condições em que foi realizado o estudo.

Até o presente momento, 279 dias após a reparação das trilhas de rodagem com CBUQ e

118 dias após a reparação das trilhas de rodagem com MRAF, não surgiram novos deslocamentos nos locais corrigidos, sendo que tais correções atendem aos padrões de manutenção/conservação e mantendo as boas condições de trafegabilidade para os usuários, apesar de apresentarem alguns pequenos problemas de acabamento, como por exemplo, alguns locais onde ocorreu a fresagem não foram completamente cobertos pelo micro revestimento devido as dimensões da mesa espalhadora da mistura possuir dimensão fixa, onde na prática dificulta o encontro das duas larguras de trilhas de rodas.

4. CONCLUSÕES

As duas soluções de correção de deslocamentos de MRAF nas trilhas de roda, adotadas no presente trabalho, foram satisfatórias para as condições em que foi realizado o estudo. Os trechos continuam a ser monitorados e no futuro se terão observações de mais longo prazo, com análise deste grupo de pesquisa de novas formas de avaliação da eficácia das correções propostas e executadas e novas técnicas para tal.

Cabe enfatizar que, a partir de conhecimentos técnicos e operacionais, aqui discutidos, deve-se tentar mitigar as causas das falhas, como o deslocamento, para que não sejam necessárias ou que prolongue o prazo entre intervenções futuras de manutenção, sempre mais onerosas e operacionalmente complicadas. Estas propostas de correções podem ser indicadas para condições de pavimentos semelhantes a esta pesquisada, sem flagrantes problemas estruturais, apenas com a presença de trincas isoladas longitudinalmente. Casos onde as condições estruturais possam estar comprometidas, necessitam uma intervenção para preparação do substrato.

Além disso, é importante para possíveis novas aplicações destes métodos corretores, um bom planejamento anterior das execuções, para evitar problemas como o relatado aqui, de incompatibilidade de larguras entre a fresagem e correção com MRAF, tentando pré dimensionar

todas as possíveis variáveis envolvidas e atacá-las para melhor acabamento dos serviços.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APAZA, F. R. A.; GUIMARÃES, A. C. R. Análise da viabilidade técnica da utilização do resíduo beneficiamento do minério de ferro em microrrevestimento asfáltico. **Revista Pavimentação**. Ano XI, nº 40, abr-jun, p. 49-66, 2016.

BROUGHTON, B.; LEE, S.; KIM, Y. 30 Years of Microsurfacing: A Review. **ISRN Civil Engineering**. Vol 2012, pg. 1-7, 2012.

CERATTI, J. A. P.; BERNUCCI, L. B.; SOARES, J. B. **Utilização de ligantes asfálticos em serviços de pavimentação**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Petrobras, ABEDA, 2015. 144p.

CERATTI, J. A. P.; REIS, R. M. M. **Manual de micro revestimento asfáltico a frio - MRAF**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 166 p.

COELHO, H. O.; HALLAL, R. R.; MARTINS, M. F.; ZAMPROGNO, N. A.; SOUZA, R. M.; THEISEN, K. M.; SPECHT, L. P.; PEREIRA, D. S. Estudo sobre a espessura do micro revestimento asfáltico a frio em dois segmentos experimentais de uma rodovia do RS. In: Reunião Anual de Pavimentação, 45 / Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, 19, 2016, Brasília. **Anais...** Brasília: RAPv/ENACOR, 2016.

DAER – DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DAER-ES-P 16/91: Concreto asfáltico**. Porto Alegre, 1991. 21p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 035-ES: Pavimentos flexíveis – Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero: Especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2005. 9p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 159-ES: Pavimentos asfálticos – Fresagem a frio: Especificação de Serviço**. Rio de Janeiro, 2011. 7p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 006/2003-PRO: Avaliação objetiva da superfície de pavimentos asfálticos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003. 10p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 008/2003-PRO - Levantamento visual contínuo para avaliação da superfície de pavimentos asfálticos - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2003. 11p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 009/2003 – PRO - Levantamento para avaliação subjetiva da superfície do pavimento - Procedimento.** Rio de Janeiro, 2003. 6p.

GARFA, A.; DONY, A.; CARTER, A. Performance evaluation and behavior of microsurfacing with recycled materials. In: Eurasphalt & Eurobitume Congress, 6, Prague, Czech Republic, 2016. **Proceedings...** Prague, Czech Republic, pg. 1-3, June, 2006.

GUJAR, R.; CHAUHAN, K. A.; DADHICH, G. **International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology.** ISSN: 2180-3242, Vol 4, Nº2, 2013.

LABI, S.; LAMPTEY, G.; KONG, S. H. Effectiveness of microsurfacing treatments. **Journal of Transportation Engineering.** Vol. 133, nº. 5, pg. 298–307, 2007.

LUZZI, F. C. Análise do uso de material fresado como agregado no Micro Revestimento Asfáltico a Frio (MRAF). **Revista Especialize On-line IPOG.** ISSN 2179-5568, 13ª Edição, nº 13, Goiânia, Vol. 1, p. 01-16, Julho, 2017.

SILVA, P. F. A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos.** 2 ed. São Paulo: Pini, 2008. 128p.

SINICESP – SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO PESADA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Diretrizes para Execução de Micro revestimento Asfáltico a Frio.** Boletim técnico. 2 ed. São Paulo, 2014. 7p.

TAKAMURA, K.; LOKA, K. P.; WITTLINGER, R. Microsurfacing for preventive maintenance: eco-efficient strategy. In: International Slurry Seal Association Annual Meeting, Maui, Hawaii, 2001, EUA. **Proceedings...** EUA, pg. 64–72, 2001.

WATSON, D.; JARED, D. Georgia department of Transportation's experience with microsurfacing. **Transportation Research Record.** nº 1616, pg. 42–46, 1998.